

reVer

seminário

Contributos da arquitetura vernácula portuguesa para a sustentabilidade do ambiente construído

Editores:

Ricardo Mateus, Jorge Fernandes, Luís Bragança, Manuela Almeida, Sandra Silva, Paulo Mendonça, Helena Gervásio

Organização



Universidade do Minho 1974-2014



Centro de Território
Ambiente e Construção



O contributo dos materiais vernáculos para sustentabilidade do ambiente construído

Jorge Fernandes, MSc Ricardo Mateus, PhD Luís Bragança, PhD Carlos Pimenta, MSc

C-TAC – Centro de investigação para o Território, Ambiente e Construção, Universidade do Minho

jepfernandes@me.com; ricardomateus@civil.uminho.pt

RESUMO

A utilização de materiais e técnicas locais é uma das principais características da arquitetura vernácula. Quando comparados com materiais industrializados, os materiais vernáculos têm reduzido impacto ambiental, sendo uma alternativa para a construção sustentável. No entanto, com a industrialização os materiais vernáculos caíram em desuso tendo sido preteridos pelos novos materiais padronizados que conduziram à homogeneização dos diferentes métodos construtivos, dando origem a uma arquitetura de cariz universal, muitas vezes sem preocupações com o contexto e com significativos impactos para o ambiente. No que diz respeito à sustentabilidade, os materiais vernáculos têm potencial para evoluir e adaptarem-se às necessidades contemporâneas, permitindo reduzir a energia incorporada e os impactos ambientais. Por estas razões, o presente trabalho aborda as potenciais vantagens da utilização de materiais e técnicas locais no contexto português. Adicionalmente, este artigo estabelece uma comparação entre os materiais vernáculos e os materiais produzidos industrialmente ao nível dos indicadores ambientais (energia incorporada e potencial de aquecimento global).

INTRODUÇÃO

Com a Revolução Industrial, e mais tarde com o Movimento Moderno, a crescente utilização de novos materiais padronizados e produzidos industrialmente conduziu à homogeneização dos diferentes métodos construtivos, até então dependentes dos materiais disponíveis no local. A ampla disseminação destes novos materiais predominantes e as técnicas e materiais tradicionais caíram em desuso. A arquitetura moderna, com base na utilização de materiais industrializados, gerou uma arquitetura universal frequentemente sem preocupações de contexto e muito dependente do consumo de energia para climatização (Montaner 2001; Graça 2000). Além disso, os materiais produzidos industrialmente exigem elevados níveis de energia e têm impactos ambientais consideráveis (Mota et al. 2012). Por outro lado, com o uso de materiais e técnicas alternativas, como os vernáculos (cal, adobe, madeira, abóbadas, etc.), o total de energia incorporada de um edifício pode ser significativamente reduzido, bem como os impactos ambientais inerentes (Venkatarama Reddy & Jagadish 2003; Shukla et al. 2009; Sanz-Calcedo et al. 2012). Por exemplo, materiais como a madeira podem ter impactos positivos na avaliação global do ciclo de vida (Mota et al 2012).

Estas questões são particularmente relevantes para o setor da construção, sendo responsável por quase um terço de todas as emissões de dióxido de carbono (Ürge-Vorsatz et al. 2007) e consumindo mais energia e matérias-primas que qualquer outro setor económico (Pacheco-Torgal & Jalali 2012) – algumas desta matérias-primas com previsão de reservas para apenas mais algumas dezenas de anos (Berge 2009).

Atualmente, a eficiência energética e a sustentabilidade dos edifícios são importantes temas de investigação. À medida que os edifícios se tornam mais eficientes em termos energéticos durante a fase de operação, a preocupação com a energia incorporada nos materiais de construção é enfatizada, demonstrando assim, a necessidade de olhar também para a energia utilizada na sua produção (Ramesh 2012). Numa avaliação de ciclo de vida (ACV) de um edifício, são estimados todos os impactes ambientais associados a todas as fases de vida dos produtos que o compõem (Bragança & Mateus 2011). Um dos indicadores com maior relevância nesta avaliação é o potencial de aquecimento global, relacionado com as emissões de gases de efeito estufa (GEE) (Bragança & Mateus 2011), em particular o dióxido de carbono, que está intimamente relacionado com o consumo de energia, ou energia incorporada (Cabeza et al. 2013). Neste tópico, a ACV inclui a energia operacional (energia necessária para o funcionamento do edifício, ou seja, sistema AVAC, iluminação, etc.) e a energia incorporada (energia necessária para todos os processos de produção, construção no local, demolição final e eliminação de materiais) (Cabeza et al. 2013). No contexto Português, Mateus et al. (2007) estimaram para um edifício convencional (com um ciclo de vida de 50 anos) que a energia incorporada nos materiais de construção representava cerca de 10-15% do total de energia consumida durante a fase de operação. Recentemente, Pacheco-Torgal et al. (2012) estimaram, para um conjunto de cerca de 100 apartamentos no Porto, que a energia incorporada representava cerca de 25% da energia operacional, para um ciclo de vida de 50 anos. Os mesmos autores consideram que, com a diminuição da energia operacional, através da implementação da diretiva EPBD, a energia incorporada irá representar cerca de 400% da energia operacional (Pacheco-Torgal et al. 2012).

Neste sentido, reduzir a energia incorporada nos materiais é uma premissa para reduzir os impactes ambientais e obter edifícios mais eficientes e sustentáveis (Ramesh 2012). Adicionalmente, irá também diminuir o custo dos materiais e, conseqüentemente, do edifício como um todo (Ramesh de 2012).

Atendendo a estas considerações, e sabendo que os materiais de construção têm impactes ambientais consideráveis, os materiais vernáculos têm, do ponto de vista da sustentabilidade, várias vantagens que devem ser evidenciadas. Para melhor perceber os capítulos seguintes, os materiais vernáculos devem ser entendidos como os que têm origem local e que estão estreitamente relacionados com as condições específicas locais (litologia, clima, cultura agrícola, etc.), sendo um fator de identificação e diferenciação arquitetónica.

METODOLOGIA

A metodologia de pesquisa deste estudo é baseada em exemplos presentes na arquitetura vernácula portuguesa, usando uma abordagem dedutiva e combinando análises qualitativas e quantitativas. Assim, este artigo centra-se especificamente na importância da utilização de materiais e técnicas de construção locais para o desenvolvimento sustentável. A recolha de dados foi baseada principalmente em fontes primárias e secundárias. Para relacionar a utilização de materiais vernáculos com condições locais específicas, foram selecionados vários exemplos no território português. Para além disso, estabeleceu-se uma relação com a litologia, clima, agricultura e culturas arbóreas. De modo a avaliar o contributo destes materiais para a sustentabilidade, foi realizada uma comparação entre alguns materiais vernáculos e industriais, ao nível de indicadores ambientais.

UTILIZAÇÃO DE MATERIAIS E TÉCNICAS VERNÁCULAS DE CONSTRUÇÃO

O contexto português

No que diz respeito à arquitetura vernácula portuguesa é possível afirmar que onde existe pedra a população utiliza-a como material de construção; na falta desta, constrói-se com terra, madeira ou

outros materiais vegetais (Oliveira & Galhano 1992). Os materiais utilizados eram obtidos na área geográfica onde os edifícios foram erguidos. Mesmo em áreas de fronteira litológica os exemplos de construções que usam pedra de regiões vizinhas são raros, já que os poucos recursos económicos das populações não lhes permitia aceder a materiais que não fossem de provisionamento local. Apenas as famílias mais abastadas, ou aquelas com algum desafogo económico, poderiam suportar os custos de transporte de materiais de outras regiões (AAVV 1980). Com a industrialização veio o hábito de utilizar materiais industriais, produzidos longe dos locais de construção, o que conduziu ao desuso dos materiais locais e das técnicas tradicionais.

Mesmo sendo um país pequeno, Portugal possui um território cheio de contrastes, não apenas no clima – com variações significativas na temperatura do ar e na precipitação (Santos et al. 2002) – mas também no contraste litológico entre as regiões. Na arquitetura vernácula portuguesa é particularmente perceptível a correlação quase perfeita entre a distribuição dos materiais de construção utilizados e as características litológicas do território português (Fernandes 2012). Para evidenciar este facto, são realçados alguns exemplos nos capítulos seguintes.

Vantagens de utilizar Materiais e Técnicas Vernáculas na conceção de Edifícios Sustentáveis.

Os materiais e técnicas vernáculas têm, do ponto de vista da sustentabilidade, inúmeras vantagens que devem ser realçadas. Entre elas, destacam-se as questões ambientais, mas também os benefícios sociais e económicos. Neste sentido, os estudos desenvolvidos por Morel et al. (2001) e Ramesh (2012) concluem que a utilização de materiais locais tem vantagens ambientais e socioeconómicas, tais como: reduzir a quantidade de energia incorporada nos edifícios; reduzir os custos de construção; e promoção das economias locais, mediante o pagamento local do custo dos materiais e de mão-de-obra. Portanto, é pertinente destacar algumas das vantagens da utilização de certos tipos de materiais vernáculos, em oposição aos atuais materiais produzidos industrialmente, como um dos caminhos possíveis para a Construção Sustentável.

Vantagens ambientais

Geralmente, as vantagens ambientais mais relevantes relacionadas com os materiais locais são: não há necessidade de transporte; menor intensidade de energia no processo de produção e consequentemente menos energia incorporada e menores emissões de CO₂; são materiais naturais, muitas das vezes orgânicos, renováveis e biodegradáveis, com um ciclo de vida "do berço ao berço"; reduzidos impactes ambientais durante as operações de manutenção. Na Figura 1 é apresentada uma breve comparação no que concerne aos aspetos ambientais entre os materiais locais e os produzidos industrialmente. Para comparar os impactes ambientais decorrentes da aplicação dos materiais em sistemas construtivos, os pesos totais de cada material devem ser quantificados com antecedência.

Nos parágrafos seguintes, serão analisadas algumas das vantagens relacionadas com os materiais e técnicas utilizados na arquitetura vernácula portuguesa.

Colmo/palha – Em regiões de invernos rigorosos e com culturas de centeio, como a Serra de Montemuro, as coberturas eram revestidas com palha – um resíduo da produção de cereais. Este revestimento garantia simultaneamente proteção contra a chuva e algum isolamento térmico. Este material tem a vantagem de ser um material natural, biodegradável, de baixo custo, com um bom desempenho contra os elementos naturais, tais como a chuva e a neve, para além das boas propriedades de isolamento. Não há dados específicos sobre a condutividade térmica da palha aplicada em soluções de cobertura, a aplicação mais comum na arquitetura vernácula, mas é possível extrapolar esse valor a partir dos fardos de palha (60 centímetros de espessura de palha tem um valor de U entre 0,12 e 0,09 W/m² °C) (Sassi 2006). As desvantagens da palha, principalmente em relação às soluções de cobertura em telha cerâmica com isolamento em poliestireno extrudido são: menor resistência ao fogo e a necessidade de substituição periódica, mesmo considerando o custo reduzido desse processo. É possível utilizar este material em aplicações contemporâneas, tendo um bom potencial de integração com novos materiais (Yuan & Sun 2010).

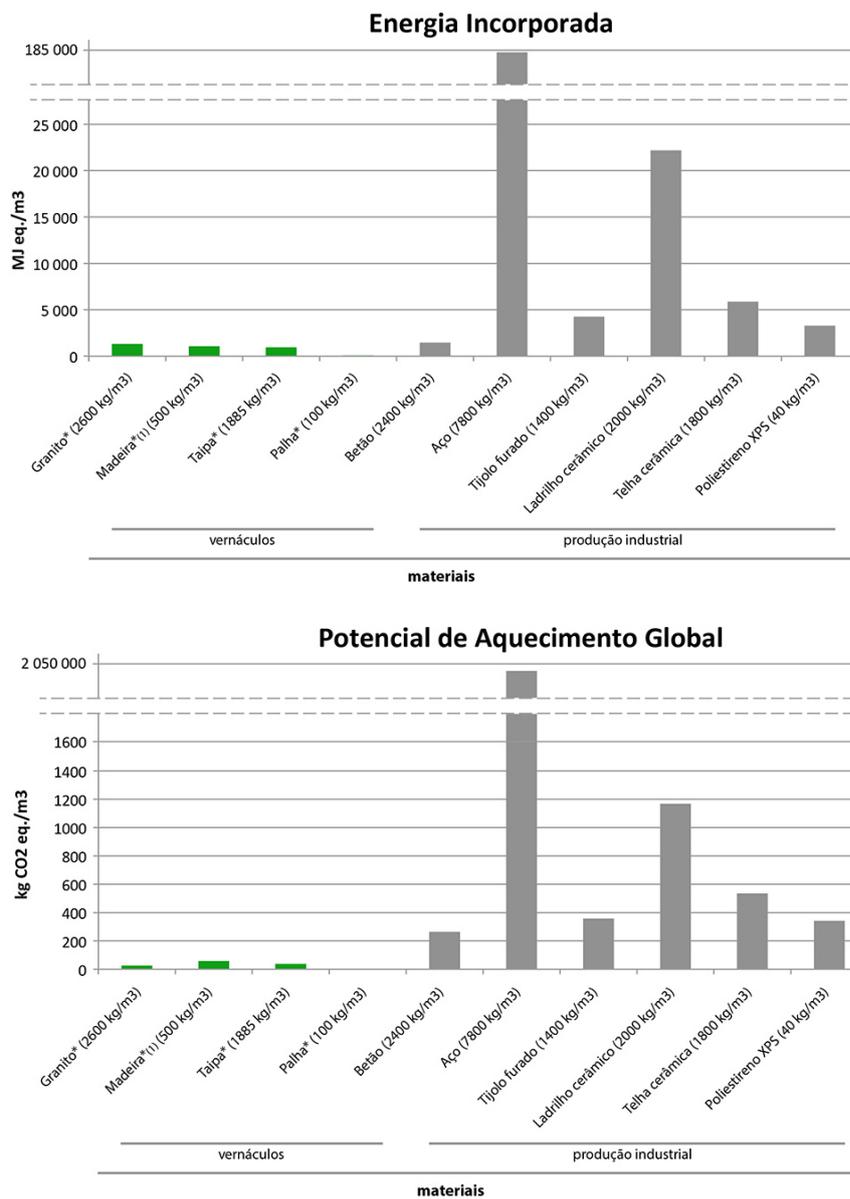


Figura 1. Energia incorporada e Potencial de Aquecimento Global (do berço ao portão). Comparação entre alguns materiais de construção vernáculos e de produção industrial. Fontes: Bragança & Mateus 2011; * Berge 2009. Notas: (i) madeira serrada, seca ao ar, incluindo os processos de aplainamento.

Taipa e adobe – a taipa é a técnica de construção mais difundida na região do Alentejo. Nesta área, a boa qualidade do solo para este tipo de construção reflete-se na sua profusa utilização (AAVV 1980; Fernandes & Correia, 2005). A forte inércia térmica que caracteriza as construções em terra permite responder de forma apropriada ao intenso calor que caracteriza o verão alentejano. Nas regiões costeiras, como o estuário do Vouga, onde não há grande disponibilidade de pedra, mas onde abundam os solos de aluvião e as argilas, os edifícios são construídos essencialmente de adobe. Estes são dois bons exemplos de materiais tradicionais feitos a partir do solo do local de construção, sendo um recurso abundante e com reduzidos impactes ambientais associados a sua extração (Sassi 2006). Embora a maioria destas construções sejam encontradas em países em desenvolvimento, o número de construções em países desenvolvidos tem vindo a aumentar graças à importância atribuída à construção sustentável. A arquitetura em terra, devido às suas múltiplas vantagens, continua a fazer sentido no contexto português, especialmente em áreas onde tradicionalmente tem sido utilizado este material. Algumas das vantagens, entre muitas outras, são (Wargocki et al 1999; Gutiérrez et al, 2005): i) forte inércia térmica ii)

capacidade de influenciar positivamente a qualidade do ar interior, uma vez que não tem COVs associados; iii) inércia higroscópica, isto é, age como regulador de humidade, mantendo-a nas proporções adequadas para a saúde humana (de 40 a 60%), contribuindo para a estabilidade do microclima interior; iv) baixa energia incorporada; v) baixas emissões de carbono e baixo impacto ambiental; vi) material de baixo custo; vii) se realizada em terra crua pode ser reutilizada indefinidamente. No caso de construções em adobe, a avaliação de ciclo de vida realizada por Shukla et al. (2009) a uma habitação construída principalmente em adobe, concluiu que para cada 100m² de área construída a habitação em adobe apresentava um valor de energia incorporada de 475 GJ, enquanto a habitação convencional apresentava um valor de energia incorporada de 720 GJ.

As desvantagens normalmente associadas à arquitetura em terra podem ser vistas de uma perspetiva diferente, nomeadamente: estes edifícios podem ter uma grande durabilidade; existem inúmeros casos de edifícios com centenas de anos e alguns com mais de 1000 anos de idade (Pacheco Torgal & Jalali-2012); e apesar da necessária manutenção periódica para garantir a sua durabilidade, esta não implica um custo elevado.

Os estudos desta temática demonstram que ainda há potencial para melhorar as propriedades destes materiais, como exemplificado no estudo conduzido por Pereira & Correia da Silva (2012). Os autores demonstraram a capacidade de melhorar a resistência térmica de paredes de taipa, de forma a cumprir os regulamentos portugueses de desempenho térmico, sem alterar as suas características ambientais, através da adição de inertes como argila expandida e cortiça granulada.

Tectos abobadados – A utilização desta técnica começou a desaparecer no início do séc. XX, com a crescente disseminação das lajes de betão armado. No entanto, estudos recentes revelam que a utilização desta técnica em tijolo tradicional é mais sustentável do que as lajes de betão convencionais. Uma análise ciclo de vida dos tetos abobadados tradicionais, em comparação com as lajes de betão armado, exigem na sua construção 75% menos energia, produzem 69% menos CO₂, tem um custo médio menor ou semelhante e produzem menos 71% dos resíduos (Sanz-Calcedo et al. 2012). O mesmo estudo indica que é uma técnica que cumpre os atuais requisitos de sustentabilidade e que pode ser integrada em técnicas de construção correntes, sendo muito económica e funcional. Os ensinamentos deste estudo vêm corroborar que as abóbodas continuam a ser viáveis na construção contemporânea, para além contributo para a sustentabilidade do ambiente construído. A necessidade de mão-de-obra mais qualificada é apresentada como uma desvantagem, mas tendo em consideração que o custo destas estruturas não é superior às lajes de betão convencionais, a alocação do custo da estrutura aos recursos humanos parece ser uma mais-valia. Para que esta técnica seja devidamente valorizada é necessário divulgar as suas vantagens entre todos os intervenientes do setor da construção e que novos profissionais possam ser treinados na aplicação desta técnica.

Coberturas em barro / salão - Na ilha de Porto Santo, existem alguns exemplos de construções vernáculas que utilizam este método construtivo. Este sistema é localmente identificado como "salão". Este tipo de barro da ilha distingue-se pelo seu comportamento físico dinâmico, perfeitamente adaptado ao clima da ilha (temperaturas elevadas, seca e baixos índices pluviométricos), ou seja, no verão, o barro fissa permitindo uma ventilação contínua; no inverno, com as primeiras chuvas, e devido à sua goma natural, rapidamente se agrega tornando-se impermeável (Mestre 2002). Além das vantagens enumeradas é também um material económico e de fácil de manutenção (Mestre 2002). Além disso, é um material ecológico e, embora não haja dados detalhados e publicados sobre esta técnica, por afinidade com outros materiais, como a taipa e o adobe, é possível afirmar que tem uma baixa energia incorporada. A sua aplicação na construção não requer tratamento especial e a sua manutenção é levada a cabo com a simples aplicação de uma outra camada de terra argilosa. Esta técnica está atualmente em desuso na ilha, onde a utilização de revestimentos cerâmicos é dominante (Mestre 2002). A fim de proteger e reintegrar esta técnica, futuros estudos económicos e de viabilidade são necessários para sustentar cientificamente a adequada utilização no contexto específico da ilha de Porto Santo.

Madeira – Este material de construção é omnipresente na arquitetura vernácula portuguesa. Dependendo da disponibilidade local, a sua utilização na construção varia do uso ocasional, como

elemento estrutural, à construção integral do edifício. Quanto aos últimos, os edifícios em madeira da costa, os "palheiros", e as casas de Santana são exemplos notáveis. A cobertura florestal nessas áreas facilitava a obtenção da matéria-prima e permitia que a construção fosse quase inteiramente construída neste material. No litoral, principalmente nas construções mais próximas da costa, a construção em madeira é a mais adequada na relação com o solo arenoso e com a humidade do mar (AAVV 1980). As vantagens da construção em madeira, já visíveis nos exemplos vernáculos existentes, são: material renovável, biodegradável e reciclável; requer pouco processamento para ser utilizado na construção; e permite a pré-fabricação – o que contribui para reduzir o desperdício na construção. Dependendo do método de construção pode-se também considerar a possibilidade de uma manutenção mais económica e eficiente, com a possibilidade de substituir peça-a-peça, como nos "palheiros", sem alterar a estrutura do edifício. Uma vez que requer pouco processamento para ser aplicado na construção, tem um valor de energia incorporada relativamente baixo. O estudo de Coelho et al. (2012) sobre a avaliação do ciclo de vida de uma casa de madeira, revela a importância da utilização de recursos locais e da produção local de modo a reduzir as necessidades de transporte que afetam o desempenho ambiental deste tipo de construção. Tendo em consideração as vantagens da construção em madeira acima mencionadas, este tipo de construção deve ser incentivado, especialmente nos locais onde é adequado. Os incentivos para a construção em madeira podem ser também um incentivo ao ordenamento florestal sustentável. Este último é necessário para combater as mudanças climáticas que impõem novos desafios à preservação da floresta, incluindo a manutenção dos ecossistemas viáveis, para garantir a produtividade e a retenção dos serviços ambientais da floresta (Silva 2007). O planeamento florestal tem ainda várias vantagens ambientais, incluindo a capacidade de aumentar a retenção de carbono, ajudar a regular o clima, controlar a erosão do solo, reter a água no solo e criar condições para o desenvolvimento da biodiversidade (fauna e flora) (Marques 2008).

Vantagens sociais e económicas

Para alcançar um desenvolvimento verdadeiramente sustentável, é também necessário ter em conta as dimensões sociais e económicas. No sector da construção é fundamental ter a capacidade de compreender estas três dimensões. Edum-Fotwe & Price (2009) dividem o processo de construção em três níveis – urbano, edifícios e materiais – e para o último definem um conjunto de parâmetros sociais para melhorar a sustentabilidade do ambiente construído, tais como: emprego; saúde; segurança; bem-estar; educação e habilitações; e cultura/património. Analisando, ainda que superficialmente, os potenciais benefícios da utilização de materiais vernáculos, podemos concluir que estes se encaixam em todos os parâmetros sociais acima referidos.

No que diz respeito ao emprego, vários estudos referem a grande necessidade de mão-de-obra qualificada como uma desvantagem para as técnicas de construção tradicionais. Mas tendo em conta que o custo direto destes materiais e estruturas é muitas vezes inferior ao dos sistemas de construção convencionais, a alocação do custo da estrutura à mão de obra afirma-se como uma vantagem. A distribuição do rendimento por mais intervenientes é socialmente mais justo do que alocá-lo apenas ao preço do material. A produção local de materiais não é só economicamente mais barata, como também permite a criação de mais postos de trabalho locais (Sanya 2007 citado em Pacheco Torgal & Jalali-2012). Além disso, a necessidade de mão-de-obra qualificada conduz à formação e educação sobre os sistemas construtivos vernáculos, contribuindo não só para melhorar as qualificações dos diversos públicos do setor da construção, mas também para preservar o património cultural. A educação na construção de sistemas vernáculos é também crucial para os políticos, sociólogos e economistas que tomam decisões sobre o ambiente construído (Oliver, 2006).

O facto de estes materiais serem originários das mesmas condições climáticas onde foram aplicados tem as seguintes vantagens: maior adaptabilidade, economia e maior durabilidade (Singh et al 2011).

Em matéria de saúde, as vantagens estão relacionadas, principalmente, com o facto de estes materiais serem de origem natural, com baixa toxicidade, ausentes de compostos orgânicos voláteis, alguns deles com propriedades capazes de regular a temperatura e a qualidade do ar interior (Berge

2009), como se refere no exemplo da arquitetura em terra.

Em termos económicos, Goodman (1968 citado em Berge 2009) argumenta que uma indústria de construção ecológica deve ter as suas unidades de produção próximas do local de consumo, utilizando recursos renováveis locais, com foco em processos que requerem pouca energia e que sejam pouco poluentes. Além disso, argumenta que a descentralização pode aumentar os centros de decisão das empresas por forma a que estas tenham uma ideia mais clara sobre o contexto em que operam, em especial as relações entre os decisores e os recursos locais. Neste sentido Oliver (2006) também argumenta que o discurso sobre a sustentabilidade é demasiado orientado para a escala das cidades, pelo que se requiere a implementação de políticas de descentralização que contribuam para a regeneração das áreas rurais. A reabilitação destas áreas pode ser uma maneira de desacelerar a expansão das cidades.

A fim de promover e implementar este tipo de intenção, é necessário envolver as autoridades locais. Cada local tem suas próprias idiossincrasias que devem ser levadas em consideração na definição de políticas específicas, adaptadas ao seu contexto (Dumreicher & Kolb 2008). O apoio ao desenvolvimento sustentável local significa também preservar um património cultural de conhecimentos inerentes às regiões.

CONCLUSÃO

No passado, devido à falta de soluções tecnológicas capazes de produzir materiais mais avançados e de os transportar por longas distâncias, os materiais utilizados nas construções vernáculas têm um perfil com baixo índice tecnológico e estavam restritos ao local de construção. Estes eram principalmente naturais, com pouco processamento, reduzido custo energético e, conseqüentemente, reduzidos impactes ambientais. Em oposição, a tecnologia existente hoje permite a produção de materiais com elevado índice tecnológico, disponíveis à escala global, embora geralmente necessitem de um processamento energeticamente intensivo. Além disso, a produção centralizada destes materiais implica grandes necessidades energéticas para o transporte, do ponto de extração das matérias-primas para a distribuição final do produto. Tendo em consideração que os materiais tradicionais estão intimamente relacionados com as condições locais e têm significativamente menos impactos ambientais e energia incorporada que os materiais de construção atuais, a sua utilização significa um potencial de redução dos impactes ao longo do ciclo de vida dos edifícios, numa abordagem “do berço ao portão”, e em alguns casos, numa abordagem “do berço ao berço”

Analisando os exemplos vernáculos acima referidos é perceptível que a pluralidade do território português oferece uma expressão profusa de diferentes materiais de construção vernáculos. Estes exemplos ilustram uma estreita relação com as características dos locais (litologia, clima, culturas e cobertura florestal) onde são utilizados. Os materiais e técnicas utilizadas na arquitetura vernácula portuguesa têm potencial para contribuir positivamente para a sustentabilidade do ambiente construído. No entanto, no contexto português há ainda escassez de dados sobre este tema. Portanto, apesar dos materiais de construção vernáculos serem reconhecidos como mais “amigos do ambiente”, não existem estudos de base científica que provem o que o seu desempenho ambiental é melhor. Assim, são necessários mais estudos de forma a interpretar e compreender as técnicas vernáculos, para que possam ser melhoradas e transpostas para a contemporaneidade, a fim de serem cientificamente validadas, dando-lhes credibilidade e incentivando a sua utilização entre os diversos intervenientes do setor da construção.

Assim, para alcançar a sustentabilidade, a arquitetura deve procurar a integração entre a tradição e contemporaneidade, utilizando o melhor de ambos em tecnologias e materiais. Para além das questões ambientais, promover o uso de materiais locais pode ter um impacto positivo sobre o desenvolvimento social e económico local. Cabe aos projetistas utilizar a sua criatividade para melhorar e adaptar essas técnicas às novas exigências funcionais da construção.

AGRADECIMENTOS

Os autores gostariam de agradecer o apoio concedido pela Fundação para a Ciência e a Tecnologia (FCT), com a referência EXPL/ECM-COM/1801/2013, que foi fundamental para a realização e apresentação deste estudo.

REFERÊNCIAS

- AAVV, 1980. *Arquitetura Popular em Portugal* 2nd ed., Lisboa: Associação dos Arquitectos Portugueses.
- Berge, B., 2009. *The Ecology of Building Materials* 2nd ed., Oxford: Elsevier. Available at: <http://dx.doi.org/10.1016/B978-1-85617-537-1.00014-7> [Accessed March 27, 2013].
- Bragança, L. & Mateus, R., 2011. *Avaliação do Ciclo de Vida dos Edifícios - Impacte Ambiental de Soluções Construtivas*, iiSBE Portugal.
- Cabeza, L.F. et al., 2013. Low carbon and low embodied energy materials in buildings: A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 23, pp.536–542. Available at: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1364032113001767> [Accessed August 24, 2013].
- Coelho, A., Branco, J. & Gervásio, H., 2012. Life-cycle assessment of a single-family timber house. In R. Amoêda et al., eds. *BSA 2012: 1st International Conference on Building Sustainability Assessment*. Porto: Greenlines Institute for Sustainable Development, pp. 533–542.
- Dumreicher, H. & Kolb, B., 2008. Place as a social space: fields of encounter relating to the local sustainability process. *Journal of environmental management*, 87(2), pp.317–28. Available at: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jenvman.2007.03.048> [Accessed April 20, 2013].
- Edum-Fotwe, F.T. & Price, A.D.F., 2009. A social ontology for appraising sustainability of construction projects and developments. *International Journal of Project Management*, 27(4), pp.313–322. Available at: <http://dx.doi.org/10.1016/j.ijproman.2008.04.003> [Accessed March 2, 2013].
- Fernandes, J., 2012. *O contributo da arquitectura vernacular portuguesa para a sustentabilidade dos edifícios*. Universidade do Minho.
- Fernandes, M. & Correia, M. eds., 2005. *Arquitetura de terra em Portugal / Earth architecture in Portugal*, Lisboa: Argumentum.
- Goodman, P., 1968. *People or Personnel: Decentralising and the Mixed Systems*, New York: Vintage.
- Graça, J.M., 2000. Arquitectura e clima, por quê? *Arquitetura e Vida* n.º 4, pp.60–62.
- Gutiérrez, S., Mújica, J. & Jiménez, Y., 2005. Arquitectura de tierra, alternativa de edificación sustentable. In *Terra em seminário, IV Seminário Ibero-Americano de Construção em Terra*. Argumentum & Escola Superior Gallaecia, pp. 152–155.
- Marques, L., 2008. *O papel da madeira na sustentabilidade da construção*. Universidade do Porto.
- Mateus, R. et al., 2007. Sustainability Assessment of an Energy Efficient Optimized Solution. In M. Santamouris & P. Wouters, eds. *2nd PALENC Conference and 28th AIVC Conference on Building Low Energy Cooling and Advanced Ventilation Technologies in the 21st Century*. Heliotopos: Heliotopos Conferences, pp. 636–640.
- Mestre, V., 2002. *Arquitetura Popular da Madeira*, Lisboa: Argumentum.
- Montaner, J.M., 2001. *Depois do movimento moderno: Arquitectura da segunda metade do séc. XX*, Barcelona: Editorial Gustavo Gili, S.A.
- Morel, J. et al., 2001. Building houses with local materials: means to drastically reduce the environmental impact of construction. *Building and Environment*, 36(10), pp.1119–1126. Available at: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0360132300000548>.
- Mota, L., Mateus, R. & Bragança, L., 2012. The contribution of the maintenance phase for the environmental life-cycle impacts of a residential building. In R. Amoêda et al., eds. *BSA 2012: 1st International Conference on Building Sustainability Assessment*. Porto: Greenlines Institute for Sustainable Development, pp. 603–612.

- Oliveira, E.V. & Galhano, F., 1992. *Arquitetura Tradicional Portuguesa*, Lisboa: Publicações Dom Quixote.
- Oliver, P., 2006. *Built to Meet Needs: Cultural Issues in Vernacular Architecture*, Oxford: Architectural Press, Elsevier.
- Pacheco-Torgal, F., Faria, J. & Jalali, S., 2012. Embodied Energy versus Operational Energy. Showing the Shortcomings of the Energy Performance Building Directive (EPBD). *Materials Science Forum*, 730-732, pp.587–591. Available at: <http://www.scientific.net/MSF.730-732.587> [Accessed September 4, 2013].
- Pacheco-Torgal, F. & Jalali, S., 2012. Earth construction: Lessons from the past for future eco-efficient construction. *Construction and Building Materials*, 29(null), pp.512–519. Available at: <http://dx.doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2011.10.054> [Accessed March 5, 2013].
- Pereira, J.P.B. & Correia da Silva, J.J., 2012. Contributo para a melhoria do desempenho térmico das paredes de taipa. In *Congresso Construção 2012 - 4.º Congresso Nacional*. Coimbra: Universidade de Coimbra. Faculdade de Ciências e Tecnologia.
- Ramesh, S., 2012. Appraisal of Vernacular Building Materials and Alternative Technologies for Roofing and Terracing Options of Embodied Energy in Buildings. *Energy Procedia*, 14(null), pp.1843–1848. Available at: <http://dx.doi.org/10.1016/j.egypro.2011.12.1177> [Accessed August 13, 2013].
- Santos, F.D., Forbes, K. & Moita, R. eds., 2002. *Climate change in Portugal. Scenarios, Impacts and Adaptation Measure — SIAM Project*, Lisbon: Gradiva.
- Sanya, T., 2007. *Living earth. The sustainability of earth architecture in Uganda*. The Oslo school of architecture and design.
- Sanz-Calcedo, J.G., Luna, M.F. & Soriano, R.C., 2012. Evaluation of the efficiency to use sustainable classical techniques on the modern construction. In R. Amoêda et al., eds. *BSA 2012: 1st International Conference on Building Sustainability Assessment*. Porto: Greenlines Institute for Sustainable Development, pp. 667–675.
- Sassi, P., 2006. *Strategies for Sustainable Architecture*, London: Taylor & Francis Ltd.
- Shukla, A., Tiwari, G.N. & Sodha, M.S., 2009. Embodied energy analysis of adobe house. *Renewable Energy*, 34(3), pp.755–761. Available at: <http://dx.doi.org/10.1016/j.renene.2008.04.002> [Accessed March 15, 2013].
- Silva, J.S. ed., 2007. *Árvores e Florestas de Portugal Vol. 7, Floresta e Sociedade — Uma história em comum.*, Lisboa: Público, Comunicação Social, SA e Fundação Luso-Americana para o Desenvolvimento.
- Singh, M.K., Mahapatra, S. & Atreya, S.K., 2011. Solar passive features in vernacular architecture of North-East India. *Solar Energy*, 85(9), pp.2011–2022. Available at: <http://dx.doi.org/10.1016/j.solener.2011.05.009> [Accessed March 9, 2013].
- Ürge-Vorsatz, D. et al., 2007. Mitigating CO2 emissions from energy use in the world's buildings. *Building Research & Information*, 35(4), pp.379–398. Available at: <http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/09613210701325883> [Accessed March 11, 2013].
- Venkatarama Reddy, B. & Jagadish, K., 2003. Embodied energy of common and alternative building materials and technologies. *Energy and Buildings*, 35(2), pp.129–137. Available at: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0378778801001414>.
- Wadel, G., Avellaneda, J. & Cuchí, A., 2010. La sostenibilidad en la arquitectura industrializada: cerrando el ciclo de los materiales. *Informes de la Construcción*, 62(517), pp.37–51.
- Wargocki, P. et al., 1999. Perceived air quality, sick building syndrome (SBS) symptoms and productivity in an office with two different pollution loads. *Indoor Air*, 9(3), pp.165–179. Available at: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/11089327>.
- Yuan, T.-Q. & Sun, R.-C., 2010. *Cereal Straw as a Resource for Sustainable Biomaterials and Biofuels*, Elsevier. Available at: <http://dx.doi.org/10.1016/B978-0-444-53234-3.00001-8> [Accessed April 20, 2013].

Organização



Universidade do Minho 1974-2014



Centro de Território
Ambiente e Construção

Apoio Institucional



Universidade do Minho
Escola de Engenharia



Universidade do Minho
Escola de Arquitectura



FUNDAÇÃO MANUEL
ANTÓNIO DA MOTA



OA SRN



PORTUGAL



cmm
ASSOCIADO
PORTUGUESA
DE CONSTRUÇÃO
METÁLICA E MISTA



Projecto financiado pela Fundação para a Ciência e a Tecnologia com a referência EXPL/ECM-COM/1801/2013.



Fundação para a Ciência e a Tecnologia
MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO E CIÊNCIA



COMPETE
PROGRAMA OPERACIONAL FACTORES DE COMPETITIVIDADE



QUADRO
DE REFERÊNCIA
ESTRATÉGICO
NACIONAL
PORTUGAL 2007-2013



União Europeia

Fundo Europeu de
Desenvolvimento Regional

Patrocinadores

Diamante



UMBELINO
MONTEIRO
COBERTURAS PARA A VIDA



Tintas Robbialac^{SA}



CS
TELHAS



Padimat
Pure inspiration.

Ouro



DELTA
COPOS



Paupéria

Parceiros de divulgação



CONSTRUÇÃO
MAGAZINE



portal da
construção
sustentável



Contributos da arquitetura vernácula portuguesa para a sustentabilidade do ambiente construído