

20_24

SUSTENTABILIDADE CONSIDERAÇÕES SOBRE A SUSTENTABILIDADE DOS MATERIAIS DE CONSTRUÇÃO

O presente artigo, tece algumas considerações sobre o contributo dos materiais de construção para a sustentabilidade da indústria construção. Materiais produzidos a partir de resíduos, com elevado nível de reciclagem, materiais com maior durabilidade, que incorporem menos energia ou materiais que sejam escolhidos mediante uma análise do seu ciclo de vida, constituem soluções inequívocas que contribuem para uma construção mais sustentável.

INTRODUÇÃO

O nosso planeta enfrenta hoje um desafio ambiental, cujo simples adiamento, poderá vir a ditar o fim da civilização humana, tal como a conhecemos. Nunca como agora, os efeitos imediatos dos padrões de consumo da civilização humana, revelaram dimensões de natureza intergeracional e intergeográfica tão evidentes, produzindo consequências noutros países e afectando futuras gerações. Um relatório do Intergovernmental Panel on Climate Change-IPPC [1] refere qualquer coisa como 200 milhões de refugiados, em consequência da provável subida do nível da água do mar. As preocupações ambientais da sociedade actual, começaram a ganhar maior relevo após a realização em 1972, da Conferência das Nações Unidas sobre o Ambiente em Estocolmo. Contudo somente em 1987 adquiriram uma perspectiva mais incisiva, a partir da publicação do Relatório "Our common future", mais mediatizado como relatório Bruntland, e onde pela primeira vez aparece consignada a expressão do desenvolvimento sustentável, como aquele que "permite satisfazer as necessidades do presente sem comprometer as possibilidades das gerações futuras satisfazerem as suas". Em 1993 a União Europeia desenvolveu o 5º Programa

para o Ambiente e Desenvolvimento, no qual se estabelece a necessidade de uma maior abrangência das políticas do ambiente. Na sequência dos compromissos assumidos por Portugal no âmbito da Agenda 21, foi elaborado em 2002 um documento intitulado Estratégia Nacional para o Desenvolvimento Sustentável (ENDS), o qual foi recentemente actualizado até ao ano 2015. A indústria da construção, constitui um dos maiores e mais activos sectores em toda a Europa, representando 28,1% e 7,5% do emprego, respectivamente na indústria e em toda a economia europeia. Em termos ambientais, esta indústria é no entanto responsável por 30% das emissões de carbono. Além disso a nível mundial, consome mais matérias-primas (aproximadamente 3.000 Mt/ano, quase 50% em massa) que qualquer outra actividade económica. O aumento da população mundial e as necessidades implícitas em termos de construção de edifícios e outras infra-estruturas, agravará ainda mais o consumo de matérias-primas não renováveis, bem assim como a produção de resíduos. Tenha-se presente a este propósito, que até ao ano 2050 a ONU prevê que a população mundial possa atingir os 9.000 milhões de habitantes (e isto mesmo admitindo uma diminuição na taxa de fecundidade). Este crescimento será

F. Pacheco Torgal

Investigador do C-TAC, Unidade de Investigação em Construção Sustentável, Universidade do Minho
torgal@civil.uminho.pt

Said Jalali

Professor Catedrático, Departamento de Engenharia Civil, Universidade do Minho
said@civil.uminho.pt

feito maioritariamente nos países menos desenvolvidos, que crescerão dos actuais 5.600 milhões habitantes para 7.900 milhões em 2050. Já os países desenvolvidos, crescerão apenas de 1230 para 1280 milhões habitantes. Contudo, estes assistiriam a uma diminuição da sua população, se não fosse a migração de pessoas dos primeiros para os segundos, que deverá rondar em termos líquidos 2.400 milhões/ano [2]. No âmbito de uma construção mais sustentável, a União Europeia estabeleceu recentemente como objectivos de médio prazo, a redução de 50% dos consumos de energia, a redução 30% das matérias-primas e a redução de 40% dos resíduos. A sustentabilidade da indústria da construção e em particular o caso dos materiais de construção, assumem desta forma um papel primordial que importa estudar e divulgar.

MATERIAIS OBTIDOS A PARTIR DE RESÍDUOS

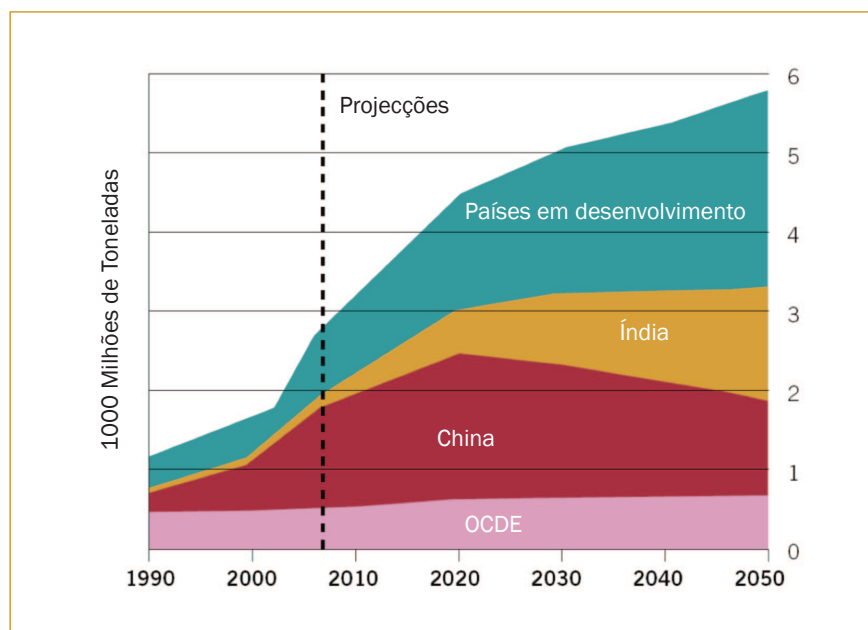
De acordo com alguns investigadores, a forma mais eficiente para a indústria da construção se tornar uma actividade sustentável, passa pela incorporação de resíduos de outras indústrias em materiais de construção. As investigações neste domínio, tem vindo a merecer uma aten-

ção especial por parte da comunidade científica. Sendo o cimento portland e o betão os materiais mais utilizados na indústria da construção, a nível mundial, com tendência para aumentar nos próximos anos (Figura 1), existe já um corpo de investigação bastante consistente em termos da utilização de resíduos em betões, a saber: com características pozolânicas, cinzas volantes [3], escórias de alto forno [4], sílica de fumo [5], cinzas de resíduos vegetais [6], cinzas de resíduos sólidos urbanos [7], resíduos de vidro [8]. Existe igualmente investigação sobre a incorporação de resíduos em betões, como agregados ou filler, a saber: resíduos da indústria automóvel [9], de plástico [10], têxteis [11], pó de pedra da indústria das rochas ornamentais, de extracção de agregados e da indústria cerâmica [12] e os resíduos de construção e demolição (RC&D) [13], onde se destaca ultimamente o caso da utilização de resíduos cerâmicos como agregados [14].

Convém aliás referir que, os RC&D representam 1/3 dos resíduos produzidos no espaço Europeu, aproximadamente 500 Mt. Relativamente a Portugal, muito recentemente o IST estimou em 4,4 Mt, os resíduos de RC&D produzidos durante 2004, os quais podiam ser reaproveitados e dos quais 95% tiveram como destino a deposição em aterro. A título de comparação a taxa média de reciclagem de RC&D na Europa é de 50%, já na Dinamarca a taxa de reciclagem de resíduos é de cerca de 89%, isto muito por força das taxas de deposição e de extracção de recursos não renováveis. A incorporação de resíduos industriais em betões, constitui assim e no caso concreto de Portugal, uma maneira eficaz para se alcançar a meta prevista no âmbito do 3º objectivo do ENDS 2015, de reduzir em 12,1% o valor dos resíduos industriais relativamente aos valores do ano de 2001.

MATERIAIS COM MAIOR DURABILIDADE

Quanto maior for a durabilidade de um material, maior será a sua vida útil e conseqüentemente, menor será o seu impacto ambiental. Se por exemplo, aumentarmos a durabilidade do be-



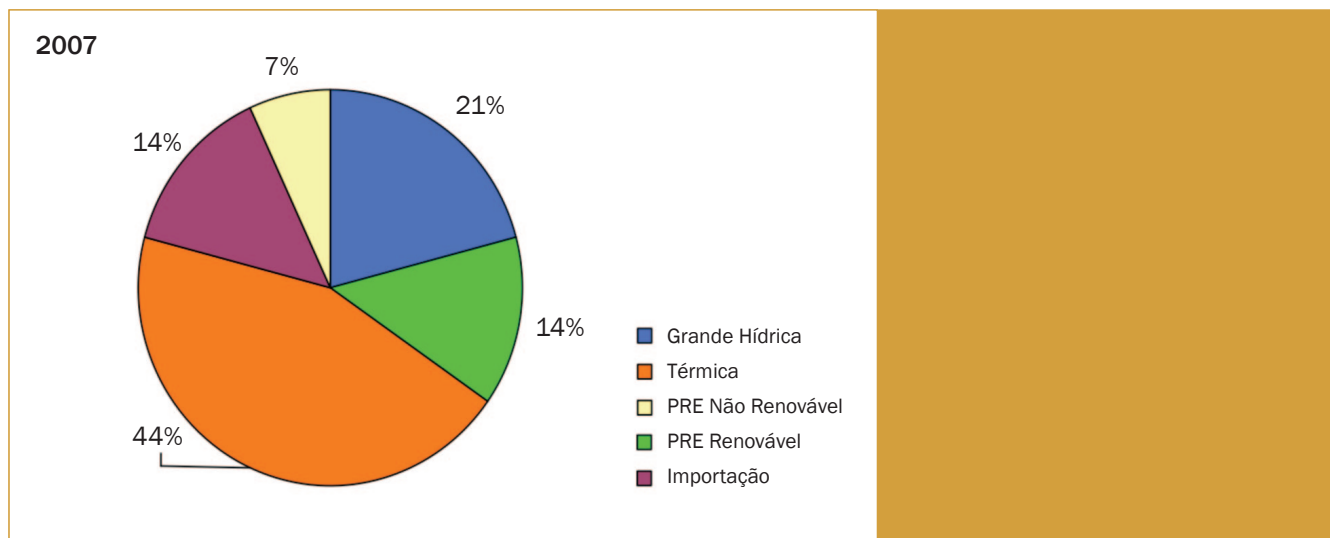
> 1

tão de 50 para 500 anos, haverá uma redução do seu impacto ambiental de um factor de 10 vezes. Infelizmente são inúmeros os casos de deterioração precoce de estruturas de betão armado. Um estudo sobre pontes construídas na Noruega após 1970, revela que 25% apresentavam deterioração por corrosão de armaduras [16]. Outros estudos, indicam que 40% das cerca de 600.000 pontes existentes nos Estados Unidos estariam afectadas pela corrosão, implicando um custo de reparação de aproximadamente 50.000 milhões de dólares [17]. A vulnerabilidade deste material fica a dever muito ao material ligante (cimento portland), que apresenta uma elevada quantidade de cal, facilmente susceptível por ataque químico. Esta situação é agravada pela incapacidade do cimento portland em conseguir uma boa aderência aos agregados, o que induz níveis de permeabilidade relativamente elevados, facilitando o ingresso de água, gases e substâncias agressivas, que provocam fenómenos de carbonatação e de corrosão das armaduras. A utilização por isso de ligantes alternativos ao cimento portland, com uma durabilidade superior a este material, constitui assim um passo no sentido da sustentabilidade da construção.

MATERIAIS OBTIDOS DE FONTES RENOVÁVEIS E MATERIAIS RECICLÁVEIS

A utilização de materiais provenientes de fontes renováveis, contribui inequivocamente para a sustentabilidade da indústria da construção. Neste grupo podem incluir-se materiais como a madeira, ou o bambu, desde que o ritmo de renovação destas espécies, seja superior ao ritmo do seu consumo pela indústria da construção [18]. Os materiais recicláveis apresentam vantagens ambientais óbvias, pelo facto de esgotada a sua vida útil poderem vir a gerar outros materiais. Incluem-se nestes, quase todos os materiais metálicos. Bem assim como os materiais de origem geológica. Se se optar pela reciclagem de produtos, em vez do fabrico de materiais a partir de novas matérias-primas, pode-se reduzir o seu impacto negativo ambiental. Na indústria de construção, grande parte dos produtos ou materiais têm baixo potencial de reciclagem, no entanto, há produtos que podem ser reciclados várias vezes, infelizmente, este potencial raramente é usado. Na Suécia, em 1992, o nível de produtos reciclados era de 5% e na Alemanha, em 1990, foram reciclados 29% dos produtos. Para o ano 2000, ambos

> Figura 1: Previsão do consumo de cimento portland [15].



> 2

países tinham o objectivo de atingir os 60%. Na Holanda, as empresas de demolição, na fase de concurso, têm que declarar a quantidade de material que será vendido para reciclagem, juntamente com uma apresentação de como irão publicitar esta situação [19].

MATERIAIS DE BAIXA ENERGIA

A redução dos padrões energéticos actuais, é uma prioridade fundamental para a construção sustentável. Por um lado devido á situação energética deficitária da realidade Portuguesa, já que o nosso país depende em mais de 85% de fontes exteriores de energia primária. A redução do consumo de energia, resolve assim quer um problema de natureza económica, quer um problema ambiental, decorrente do consumo de recursos fósseis não renováveis e das emissões das centrais termoeléctricas, já que uma percentagem muito expressiva da energia consumida no nosso país é de origem térmica [Figura 2].

Alguns autores, referem que os materiais de construção representam quase 15% da energia na construção de edifícios, embora este valor seja para outros muito conservador. A escolha adequada dos materiais de construção, pode assim contribuir de forma decisiva para a redução da quantidade de energia necessária na cons-

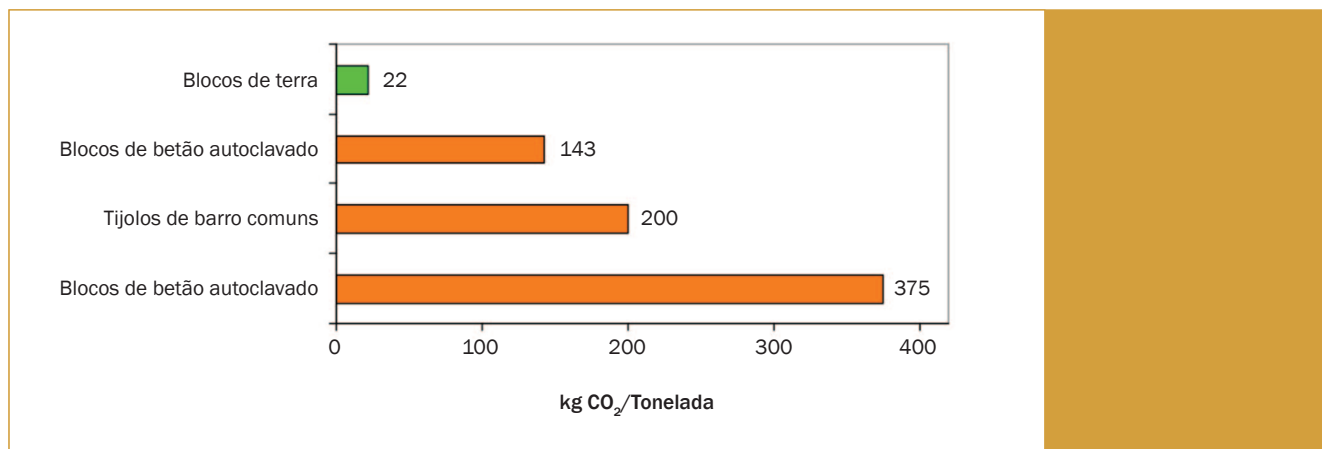
trução de edifícios. Thomark refere poupanças de quase 17% em termos de “embodied energy” [21]. Outros autores apontam para reduções de quase 30% em termos de emissões de CO₂, devido a uma correcta escolha dos materiais de construção [22]. Esin [23] apresenta neste contexto, uma comparação interessante de vários materiais de construção. A energia necessária ao transporte dos materiais de construção, implica necessariamente que se deva privilegiar a utilização de materiais locais, à semelhança daquilo que é o paradigma da construção em terra. A utilização de solo para a construção em terra envolve em termos gerais e basicamente, a remoção da camada superficial de terra vegetal não tem um impacto significativo em termos energéticos dado que é uma tarefa que pode ser efectuada em termos manuais. Morton et al. [24], comparam as emissões de carbono de materiais correntemente utilizados na execução de alvenarias, com as emissões equivalentes de blocos de terra, evidenciando o bom desempenho ambiental destes últimos [Figura 3].

SELECÇÃO DE MATERIAIS

A escolha dos materiais a utilizar num contexto de sustentabilidade, não pode nem deve, ser feita contudo numa base casuística e

dispensando uma abordagem global de todos os impactos ambientais causados pelos materiais. Uma tal metodologia, correntemente designada por análise do ciclo de vida (ACV) ou Life Cycle Assessment (LCA), foi primeiramente utilizada nos Estados Unidos em 1990 e é definida como o processo de avaliação dos impactos, que um determinado material ou produto têm no ambiente ao longo do seu ciclo de vida. Esta metodologia, tem vindo a ser utilizada por diversas entidades na selecção de materiais de construção. O U.S. Environmental Protection Agency, desenvolveu uma ferramenta informática para a tomada de decisão na escolha de materiais de construção designada por BEES (Building for environmental and economic sustainability). O programa BEES, apresenta diversas categorias de impacto ambiental, sendo o desempenho medido em unidades mensuráveis, como unidades de dióxido de carbono para o impacto de aquecimento global. Este programa apresenta no entanto uma limitação, decorrente das suas bases de dados utilizarem valores relativos a produtos produzidos nos EUA, pelo que tal ferramenta é recomendável somente para o plano experimental e educacional. Mais recentemente, várias associações europeias ligas à indústria do betão (BIBM, ERMCO, UEPG, EUROFER, EFCA e CEMBUREAU) em colaboração com a consultora ambiental holandesa INTRON B.V.

> Figura 2: Origem do consumo de energia em Portugal [20].



> 3

estudaram a possibilidade de minimização dos impactos ambientais associados à produção de elementos de betão. Um dos objectivos do referido estudo, passou pelo desenvolvimento de uma ferramenta informática designada por EcoConcrete, a qual permite avaliar o impacto ambiental associado a um determinado elemento de betão armado [25]. Infelizmente e como reconhecem alguns autores [26] este programa ainda se encontra numa fase em que necessita de alguns aperfeiçoamentos. A aplicação generalizada de análises de ciclos de vida dos materiais de construção, pressupõe a existência de levantamentos exaustivos sobre os impactos ambientais desses materiais ao longo da sua vida útil. Tal dificilmente pode ser extrapolado a partir de estudos realizados noutros países, devido às diferenças óbvias que se prendem com diferentes contextos tecnológicos e económicos de cada país. É preciso ainda ter em conta que, as metodologias de análise de ciclo de vida não são muito objectivas e padecem de bastantes incertezas. De facto, não é muito claro se a emissão de 1 tonelada de dióxido de enxofre é muito mais gravosa em termos ambientais, que a emissão de 3 toneladas dióxido de carbono, ou se a poluição da água tem mais valor que a poluição do ar, ou mesmo, se é possível quantificar qual é mais poluente, a electricidade produzida por uma central termoeléctrica ou por uma central nuclear. Alguns autores apresentam uma análise mais aprofundada dessas limitações [27].

REFERÊNCIAS

- [1] IPCC, Intergovernmental Panel on Climate Change - Climate Change 2007 4th Assessment report
- [2] ONU, "Revision of the World population prospects", 2008.
- [3] ROSKOVIC, R.; BJEKOVIC, D., "Role of mineral additions in reducing CO₂ emission", *Cement and Concrete Research*, Vol. 35, 2005, pp. 974-978.
- [4] DING, Z., "Property improvement of Portland cement by incorporating with metakaolin and slag", *Cement and Concrete Research*, Vol. 33, 2002, pp. 579-584
- [5] KHEDR, A.; ABOU-ZEID, N., "Characteristics of silica fume concrete", *Journal of Materials in Civil Engineering ASCE*, Vol. 6, 1994, pp. 357-375
- [6] TANGCHIRAPAT, W.; SAETING, T.; JATURAPITAKKUL, C.; KIATTIKOMOL, K.; SIRIPANICHGORN, A., "Use of waste ash from palm oil industry in concrete", *Waste Management*, Vol. 27, 2007, pp. 81-88
- [7] REDMOND, S.; BENTZ, D.; PIMIENTA, P., "Effects of the incorporation of municipal solid waste incineration fly ash in cement pastes and mortars I. Experimental", *Cement and Concrete Research*, Vol. 32, 2001, pp. 303-311
- [8] SHI, C.; ZHENG, K., "A review on the use of waste glasses in the production of cement and concrete", *Resources, Conservation and Recycling*, Vol. 52, 2007, pp. 234-247.
- [9] PAPAKONSTANTINOU, C.; TOBOLSKI, M., "Use of waste tire steel beads in Portland cement concrete", *Cement and Concrete Research*, Vol. 36, 2006, pp. 1686-1691
- [10] MARZOUK, O.; DHEILLY, R.; QUENEUEDEC, M., "Valorization of post-consumer waste plastic in cementitious concrete composites", *Waste Management*, Vol. 27, 2007, pp. 310-318
- [11] SCHMIDT, H.; CIESLAK, M., "Concrete with carpet recyclates: Suitability assessment by surface energy evaluation", *Waste Management*, Vol. 28, 2008, pp. 1182-1187.
- [12] ALMEIDA, N.; BRANCO, F.; SANTOS, J., "Recycling of stone slurry in industrial activities: Application to concrete mixtures", *Building and Environment*, Vol. 42, 2007, pp. 810-819
- [13] EVANGELISTA, L.; BRITO, J., "Mechanical behaviour of concrete made with fine recycled concrete aggregates", *Cement & Concrete Composites*, Vol. 29, 2007, pp. 397-401.
- [14] TORRAL, F. M. ALVES S.; JALALI, S., "Reusing ceramic wastes in concrete", *Construction and Building Materials* (in press), 2010.
- [15] TAYLOR, M.; GIELEN, D., "Energy efficiency and CO₂ emissions from the global cement industry", International Energy Agency, 2006.
- [16] GJORV, O.E., "Steel corrosion in concrete structures exposed to Norwegian marine environment", *ACI Concrete International*, 1994, pp. 35-39
- [17] FERREIRA, R., "Service-life Design of Concrete Structures in Marine Environments: A probabilistic based approach", ISBN-13: 978-3639167108, VDM Verlag Dr. Muller Aktiengesellschaft & Co. KG, 2009.
- [18] LUGT, P.; DOBBELSTEEN, A.; JANSSEN, J., "An environmental, economic and practical assessment of bamboo as a building material for supporting structures", *Construction and Building Materials* Vol. 20, 2006, pp. 648-656
- [19] BJORN, B., "The ecology of building materials", Elsevier, 2007.
- [20] DA COSTA, A. S., "Energias renováveis", *Revista Engenharia & Vida* n°42, 2008, pp. 14-21.
- [21] THOMARK, C., "The effect of material choice on the total energy need and recycling potential of a building", *Building and Environment* Vol. 41, 2006, 1019-1026
- [22] GONZÁLEZ, M.; NAVARRO, J., "Assessment of the decrease of CO₂ emissions in the construction field through the selection of materials: Practical case study of three houses of low environment impact", *Building and Environment* Vol. 41, 2006, 902-909.
- [23] ESIN, T., "A study regarding the environmental impact analysis of the building materials production process (in Turkey)", *Building and Environment* Vol. 42, 2007, pp. 3860-3871.
- [24] MORTON, T.; STEVENSON, F.; TAYLOR, B.; SMITH, C., "Low Cost Earth Brick Construction: Monitoring and Evaluation", Arc. Architects. ISBN 0-9550580-0-7, 2005.
- [25] SCHWARTZENTRUBER, A., "EcoConcrete: A tool to promote life cycle thinking for concrete applications", *Orgagec Symposium*, 2005, pp. 2-10.
- [26] EVANGELISTA, L.; DE BRITO, J., "Environmental life cycle assessment of concrete made with fine recycled concrete aggregates", International Congress Sustainable Construction, Materials and Practices - Challenge of the Industry for the New Millennium: Edited by Luis Bragança, Manuel Pinheiro, Said Jalali, Ricardo Mateus, Rogério Amoêda, Manuel Correia Guedes, ISBN 978-1-58603-785-7, pp. 789-794, Portugal SB07, Lisboa.
- [27] EKVAL, T.; ASSEFA, G.; BJORKLUND, A.; ERIKSSON, O.; FINNVEDEN, G., "What life-cycle assessment does and does not in assessments of waste management", *Waste Management* Vol. 27, 2007, pp. 989-996.

> Figura 3: Carbono incorporado em materiais para alvenarias [24].