

MATERIAIS CIMENTÍCIOS **NÃO CONVENCIONAIS** COM VISTA A

# VIAABILIDADE

# ECONÔMICA

*por Alda Renata dos Santos Martinho Capelo*



A **indústria da construção** é um dos grandes pilares sobre os quais se fundamenta o desenvolvimento das sociedades. É comum, atualmente, vermos estrondosas estruturas que compõem os grandes centros e cidades ao redor do mundo. Essas estruturas vão desde pontes, viadutos, estradas... até grandes edifícios horizontais e verticais, (DOYLE; HAVLICK, 2010; MILLER; PACCA; HORVATH, 2018). Em contrapartida não passam despercebidas as estruturas não muito bem planejadas ou projetadas, as tão conhecidas **favelas**, que constituem os arredores das grandes cidades. Sem contar a existência de indivíduos que passam seus dias ao relento e se servem dos viadutos e pontes para se abrigarem. Se observarmos um pouco mais profundamente, também nas regiões internas, encontraremos localidades **sem qualquer tipo de saneamento básico**.

O **setor da construção** tem mostrado grandes avanços tecnológicos, todavia no que diz respeito ao aspecto **habitacional versus econômico**, constata-se uma certa **disparidade** quando enumeramos os benefícios dos avanços tecnológicos na construção civil como um todo. Esses avanços, dentre outras questões, de certo modo acabam por considerar apenas uma pequena parcela da sociedade, a que tem a possibilidade de ter acesso ao melhor pela **posição econômica** que a favorece. Assim, um dos grandes problemas que se enfrenta no ramo de desenvolvimento de materiais construtivos alternativos, que sejam ambientalmente amigáveis, está relacionado aos custos. Isto em função da tipologia do processamento e da técnica de aplicação.

Os **materiais alternativos** são parte do aprimoramento das técnicas construtivas, que possuem um olhar atento, sobretudo, para as **questões ambientais** que envolvem o setor cimentício, responsável pela produção do cimento Portland, material construtivo de maior consumo a nível mundial, pela sua capacidade de aglomerar partículas na constituição de argamassas e concretos.

Segundo a Mineral Commodity Summaries (2019), no ano de 2018 foram produzidas mais de **4 bilhões** de toneladas de cimento. A produção do cimento em larga escala faz com que grande parte das emissões do gás CO<sub>2</sub>, **maior contribuinte para o efeito estufa**, recaísse sobre a indústria da construção civil. Assim o setor compõe a classe dos causadores majoritários dos **impactos ambientais**, também pelo elevado consumo de energia e exploração desenfreada dos recursos naturais, muitos destes de caráter não renováveis (DONG; NG, 2015; HONG et al., 2015; CHOI et al., 2016).

Atualmente muitos pesquisadores têm procurado atenuar cada vez mais essa **exploração**, por meio de pesquisas de materiais que sejam ambientalmente amigáveis (MUTHADHI, KOTHANDARAMAN, 2010; FRÍAS, VILLAR, SAVASTANO, 2011; RODRIGUES, 2012; TASHIMA et al., 2014). Compreendeu-se que o quesito **bem estar** inclui também a **preservação do meio ambiente**. Entende-se que é possível atender as demandas do presente sem, no entanto, comprometer as gerações futuras.

Assim como os materiais tradicionais, os **materiais alternativos** devem atender às questões de segurança, durabilidade, confiabilidade, funcionalidade, e serem exequíveis **economicamente**, tendo em vista a maior acessibilidade. Deste modo será possível caminhar juntamente com as políticas públicas habitacionais, de modo que se possa constituir uma parceria e solucionar a questão da desigualdade habitacional muito evidente nas sociedades, como mencionado anteriormente, e que ferem a dignidade humana..

A **política pública habitacional** em parceria com outras políticas existentes, tem se mostrado até certo ponto eficiente, para solucionar a questão referida no parágrafo anterior. Porém é imprescindível frisar que, quanto maior for a gama de materiais **acessíveis economicamente**, de maior resistência e fácil aquisição, maior será o êxito na implementação dessas **políticas públicas habitacionais**, que visam dar dignidade às populações mais desfavorecidas e assim serem aliadas na erradicação da pobreza. Vale salientar que o caminho para a **erradicação da pobreza** não se limita apenas à acessibilidade em termos de saúde, emprego e alimentação (cesta básica), como os únicos pontos que devem soar em alto e bom tom. O que de fato é importante é a necessidade de expandir a visão e olhar essa problemática em **todos** os seus aspectos.

Com esta visão ampla da pobreza, é necessário focar no **desenvolvimento** de materiais alternativos para a construção civil, que poderão ser utilizados pela população com uma renda relativamente baixa. É preciso desenvolvê-los de forma que alcancem **acessibilidade** também em termos de execução e aplicação, para que não haja problemas econômicos nesses tópicos. É sobretudo interessante focar naquilo que essa camada populacional pode adquirir com um custo **relativamente baixo ou zero**, quando possível. Os materiais e subprodutos de origem agroindustrial possuem essa particularidade. As regiões localizadas fora dos grandes centros possuem grande capacidade de cultivo e a maior renda das populações dessas regiões vem da **agricultura**.

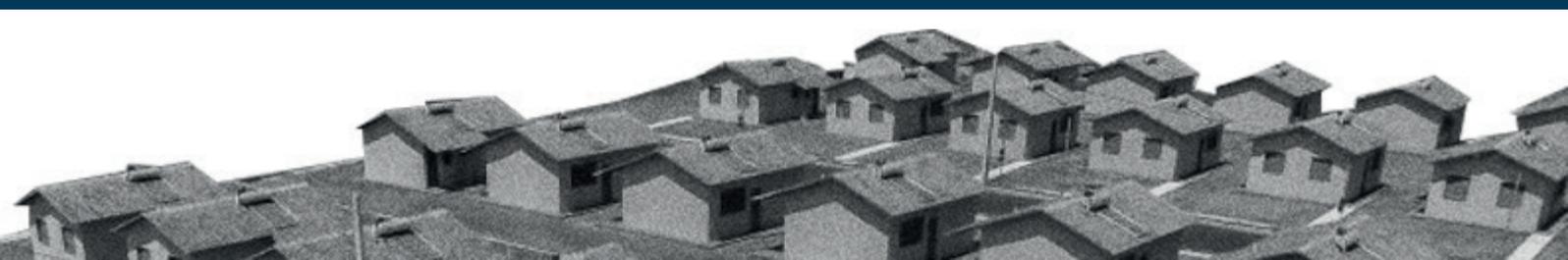
Os produtos e subprodutos oriundos do setor agrícola têm sido grandes aliados para o desenvolvimento de **materiais construtivos alternativos** ou **não convencionais**. Destacam-se os subprodutos **agroindustriais**, que quando devidamente processados possuem semelhança com os materiais pozolânicos produzidos industrialmente. Neste intuito, apresento com dados majoritariamente **qualitativos**, a cinza produzida mediante a casca do arroz, como um material construtivo alternativo, de caráter pozolânico, capaz de substituir parcialmente o cimento Portland na produção de argamassas e concretos, bem como uma possível aliada para o desenvolvimento de um cimento com cinza da casca do arroz e óxido de magnésio

Com isso se expandirá o uso de fibras naturais como **material de reforço**, o que futuramente poderá viabilizar a redução no custo de aquisição do material cimentício, de modo a torná-lo mais acessível nas regiões localizadas fora dos grandes centros. E também viabilizará técnicas construtivas **viáveis economicamente**, como a impressão 3D, quando o assunto estiver relacionado com a construção de complexos habitacionais, para a população de baixa renda.

O arroz é um cereal da cadeia alimentar muito consumido **mundialmente**; a predominância do seu cultivo se estende em diversas regiões do mundo, e sua produção tende a crescer (FAO, 2019). A casca do arroz, a camada fibrosa que protege o grão de arroz, é desagregada durante o processamento para que chegue ao consumidor em condições adequadas. Quando incinerada em condições favoráveis se obtém um material com alto teor de sílica reativa, para uso no setor cimentício. Estudos evidenciam que é possível enquadrar a cinza da casca do arroz na classe dos materiais pozolânicos. Para o ensaio em enfoque, foram utilizados dois tipos de cinzas, uma cinza calcinada sem controle de temperatura (CCA0), e outra calcinada na temperatura de 550oC (CCA1). Após avaliações e caracterizações, duas cinzas apresentaram elevada eficiência de reatividade.

A CCA0 foi avaliada como substituta **parcial** do cimento Portland nas proporções de 5 e 10%, a CCA1 por sua vez foi utilizada na proporção de 50% com o óxido de magnésio (MgO). As composições formadas por esses materiais foram submetidas ao ensaio de compressão axial, onde foi possível aferir a resistência máxima de ruptura, segundo as diretrizes da NBR 5738:2015. Como referência de comparação foram formadas composições com 100% de cimento Portland. Como resultado, as composições com a 5% CCA0 e 95% de cimento Portland obtiveram uma resistência média aos 28 dias de um pouco mais de 109 MPa. E as composições com 10% CCA0 e 90% cimento Portland obtiveram uma resistência média de 89,92 MPa. O que representou um **ganho** de resistência mecânica de 6,7% comparada à composição de referência, formada somente por cimento Portland.

Os **resultados** das composições com 50% CCA1 e 50% MgO, tiveram aos 7 dias a média de resistência **máxima** de 19,2 MPa, com pequena variação estatística a resistência média de 24,97 MPa, obtida pela composição com 100% de cimento Portland (referência). Apesar desta pequena variação estatística, o material apresenta um desempenho mecânico **satisfatório**, pois é necessário um tempo maior para que a reação pozolânica ocorra efetivamente. Neste contexto ainda serão realizados estudos mais aprofundados para que seja possível averiguar o potencial desta composição que se mostra **promissora**, porque além de se reduzir o consumo do cimento Portland e consequentemente reduzir a **emissão do CO2**, está ligada à expansão da utilização das fibras vegetais como material de reforço para os compósitos de fibrocimento. Por meio de caracterizações específicas ficou evidente que a matriz com CCA0 e MgO, é capaz de inibir a mineralização das fibras vegetais e estender o seu tempo de vida útil.



Assim como as fibras sintéticas, as **fibras vegetais** possuem excelente desempenho mecânico, porém sua utilização é limitada quando a matriz é composta por cimento Portland. O cimento Portland com o seu alto teor de pH, com o passar do tempo **mineraliza** as fibras vegetais e com isso a resistência das fibras é comprometida (MARMOL, 2016). Isso tem sido um obstáculo para a utilização das fibras vegetais em **materiais compósitos**, que são materiais de caráter renovável, de baixo custo, de fácil aquisição e manuseio. A combinação desses materiais serviria para a produção de produtos cimentícios de vedação e cobertura, como telhas e placas. Com isso se obtém ganhos **ambientais e econômicos** e se favorece as populações localizadas em regiões de baixa densidade populacional. Pessoas de baixa renda, que geralmente possuem sérias dificuldades para adquirir uma **residência digna**, poderão ter acesso a um produto de qualidade, com função estrutural, a um custo relativamente baixo.

Um outro fato que se alia ao favorecimento de pessoas com **vulnerabilidade econômica** é a possibilidade da **autonomia** que se obtém com o desenvolvimento desses materiais. Elas mesmas, com os poucos recursos que possuem e sem a necessidade de se deslocarem para os grandes centros seriam capazes de **produzir e manusear** os seus próprios **materiais de construção**, além de, quando bem instruídas, terem os mesmos como a sua fonte de renda. O grande número de pessoas que atua em atividades agrícolas encontra-se nessas regiões, onde há abundância de fibras naturais e muitas delas com clima e solo **favoráveis** para o cultivo do arroz.

As fábricas de arroz por sua vez possuem grande dificuldade no processamento das cascas. Muitas servem-se das cascas para a **produção de energia** inerente aos seus processos, contudo ainda há uma grande dificuldade no gerenciamento da cinza residual, sem um fim específico. Como mencionado, se bem reaproveitado esse subproduto agroindustrial, é possível se obter ganhos **ambientais e econômicos**, o que futuramente irá favorecer as populações de baixa renda, com a construção de **moradias dignas**, com material de qualidade e não só. Será mais uma área que contribuirá para a redução da pobreza, assunto muito discutido a nível mundial, pois coloca em causa a dignidade, a **vida humana**.



## REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 5738: concreto – procedimento para moldagem e cura de corpos-de-prova. Rio de Janeiro, 2015.

AÏTCIN, P.-C. Cements of yesterday and today: Concrete of tomorrow. *Cement and Concrete Research*, v. 30, n. 9, p. 1349–1359, 1 set. 2000.

DOYLE, M.; HAVLICK, D. G. *Infrastructure and the Environment*. Ssrn, 2010.

DONG, Y. H.; NG, S. T. A life cycle assessment model for evaluating the environmental impacts of building construction in Hong Kong. *Building and Environment*, v. 89, p. 183–191, 1 jul. 2015.

DUNG, N. T. et al. Formation of carbonate phases and their effect on the performance of reactive MgO cement formulations. *Cement and Concrete Research*, v. 125, p. 105894, 1 nov. 2019.

DWIVEDI, V. N. et al. A new pozzolanic material for cement industry: Bamboo leaf ash. *International Journal of Physical Sciences*. [s.l.: s.n.].

FRÍAS, M.; VILLAR, E.; SAVASTANO, H. Brazilian sugar cane bagasse ashes from the cogeneration industry as active pozzolans for cement manufacture.

*Cement and Concrete Composites*, v. 33, n. 4, p. 490–496, 1 abr. 2011.

GARTNER, E. Industrially interesting approaches to “low-CO<sub>2</sub>” cements. *Cement and Concrete Research*, v. 34, n. 9, p. 1489–1498, 1 set. 2004

MÁRMOL, G. et al. Optimization of the MgOSiO<sub>2</sub> binding system for fiber-cement production with cellulosic reinforcing elements. *Materials & Design*, v. 105, p. 251–261, 5 set. 2016.

MILLER, S. A.; PACCA, S. A.; HORVATH, A. Carbon dioxide reduction potential in the global cement industry by 2050. *Cement and Concrete Research*, v. 114, p. 115–124, 1 dez. 2018.

MUTHADHI, A.; KOTHANDARAMAN, S. Optimum production conditions for reactive rice husk ash. *Materials and Structures/Materiaux et Constructions*, v. 43, n. 9, p. 1303–1315, nov. 2010.

MOHAMMED, S. Processing, effect and reactivity assessment of artificial pozzolans obtained from clays and clay wastes: A review. *Construction and Building Materials*, v. 140, p. 10–19, 1 jun. 2017.

QU, J. et al. Effects of rice-husk ash on soil consistency and compactibility. *CATENA*, v. 122, p. 54–60, 1 nov. 2014.

RODRIGUES, M. S. Avaliação de cinzas de palha de cana-de-açúcar e sua utilização como adição mineral em matrizes cimentícias. 2012.

SZCZERBA, J. et al. Influence of time and temperature on ageing and phases synthesis in the MgO–SiO<sub>2</sub>–H<sub>2</sub>O system. *Thermochimica Acta*, v. 567, p. 57–64, 10 set. 2013.

TASHIMA, M. M. et al. Reuse of Rice Husk Ash in Building Constructions. *Holos Environment*, v. 11, p. 81–89, 2011.

TASHIMA, M. M. et al. New method to assess the pozzolanic reactivity of mineral admixtures by means of pH and electrical conductivity measurements in lime: Pozzolan suspensions. *Materiales de Construcción*, v. 64, n. 316, 2014.

WALLING, S. A.; PROVIS, J. L. Magnesia-Based Cements: A Journey of 150 Years, and Cements for the Future? *Chemical Reviews* American Chemical Society, , 27 abr. 2016.