

ANÁLISE FÍSICA E QUÍMICA DO TIJOLO SOLO CIMENTO ACRESCIDO DE RESÍDUO DE BAGAÇO DE CANA-DE-AÇÚCAR

Elda Marra de Moura¹
Vitor Magalini Zago de Sousa²

RESUMO

Considerando que a indústria da construção civil é um dos maiores responsáveis pelo impacto ao meio ambiente, e que a busca por novos materiais e tecnologias que auxiliem na minimização desses danos esse trabalho foi realizado. Serão analisadas química e fisicamente tijolos solo cimento com o acréscimo de resíduo de bagaço de cana-de-açúcar. O solo coletado em jazida na cidade de Rialma (Goiás-Brasil) será analisado o limite de liquidez e plasticidade, além de identificar a massa específica dos sólidos do solo. O resíduo do bagaço de cana-de-açúcar de modo a estabelecer características físicas e químicas como: massa específica aparente seca, umidade, granulometria, finura, teores de umidade, extrativos, lignina, holocelulose e alfa celulose. Em seguida, serão moldados com diferentes proporções da mistura cimento-cinzas, corpos de prova cilíndricos, para serem testados quanto à resistência à compressão simples e absorção de água. Por fim, os resultados serão quantificados, de modo que seja possível analisar a porcentagem de cimento que poderá ser substituído por cinzas de bagaço de cana de açúcar, e as usabilidades desses tijolos na construção civil. Além de se apresentar como uma importante alternativa sustentável, pois reduziria a queima, aproveitaria o rejeito da cana de açúcar, e também por seu de baixo custo de produção.

PALAVRAS-CHAVE

Materiais não convencionais. Tijolo. Sustentabilidade.

INTRODUÇÃO

O setor da indústria de construção civil é um dos maiores responsáveis pelo impacto ao meio ambiente, envolvendo danos desde o alto consumo de energia para produzir materiais convencionais, à quantidade de rejeitos produzidos através do processo construtivo, além da alta emissão de carbono. Apesar de contar com elevada produção industrial, esta tecnologia não está ao alcance de toda população, que ainda conta com a falta de infraestrutura e de habitação.

Como opção de material construtivo simples e que oferece menores danos ao meio ambiente, é o tijolo solo cimento, ou BTC (Bloco de Terra Comprimida), como é conhecido. Os tijolos solo cimento são uma mistura de solo, cimento e água, e possuem um processo de fabricação em que não há a necessidade de materiais complexos ou a precisão da queima para se obter menor porosidade, além de oferecer resistência igual ou superior aos tijolos cerâmicos.

O cimento, material amplamente usado na construção civil, envolve em sua produção alto consumo de energia, o que gera um impacto ambiental. Apesar do cimento ser utilizado em pequenas proporções para a fabricação dos tijolos solo cimento, a sua substituição parcial por incorporação de resíduos oferece uma alternativa para minimizar esses danos causados.

O bagaço de cana-de-açúcar é uma fibra natural, subproduto da indústria da sucroalcooleira. O bagaço é utilizado para a produção de energia através da sua queima nas caldeiras, gerando assim as cinzas residuais. Análises feitas por Cincotto (1983), mostram que a partir das cinzas da

¹Graduada em Engenharia Civil pelo Centro Universitário de Anápolis - UniEVANGÉLICA, Campus Ceres, Ceres, Goiás. Curso de Engenharia Civil do Centro Universitário de Anápolis - UniEVANGÉLICA. E-mail eldamarram@gmail.com

²Mestre em Integridades de Materiais da Engenharia pela Universidade de Brasília (UnB), Distrito Federal, Brasil. Curso de Engenharia Civil do Centro Universitário de Anápolis - UniEVANGÉLICA. E-mail vitormagalinizago@gmail.com

cana-de-açúcar identificaram um comportamento similar ao da pozolana, material com poder aglomerante, capaz de reagir com o hidróxido de cálcio liberado durante o processo de hidratação do concreto.

O tijolo solo cimento acrescido do resíduo de bagaço de cana-de-açúcar se apresenta como uma opção em mitigar os impactos ambientais causados na produção do tijolo convencional, pois além de reaproveitar um material que já teve um uso primário, também oferece uma redução parcial do cimento, além de exigir menos processos industrializados na sua fabricação, já que pode ser produzido no próprio local de obra.

Tendo em vista a redução dos danos ao meio ambiente o presente trabalho visa uma análise de ensaios de algumas propriedades físicas e químicas realizados em tijolos confeccionados com diferentes porcentagens de substituição de cimento por resíduo de cana-de-açúcar, e avaliar o emprego desses tijolos na construção civil.

RELATO DE EXPERIÊNCIA

Metodologia

O solo utilizado foi coletado em jazida na cidade de Rialma (Goiás -Brasil), transportado, destorroado e guardado para posterior uso. Será utilizado o cimento Portland CP II-E-32, composto de 56% à 94%, de clínquer+gesso e 6% à 34% de escória, podendo ou não ter adição de material carbonático no limite máximo de 10% em massa. O bagaço de cana-de-açúcar fornecido pela CRV - Industrial LTDA - Unidade Carmo do Rio Verde-GO.

O solo foi coletado em jazida na cidade de Rialma (Goiás -Brasil) à 20 cm de profundidade, de modo que não houvesse matéria orgânica. A massa específica dos sólidos do solo foi determinada no Laboratório de Solos, do Instituto Federal Goiano - Campus Ceres, de acordo com o Manual de Métodos de Análise de Solos (EMBRAPA, 1997). Enquanto os limites de liquidez e de plasticidade foram determinados de acordo com as normas NBR 06459 e NBR 07180 (ABNT, 1984), respectivamente. A análise granulométrica dos solos foi feita de acordo com a norma NBR 7181 (ABNT, 1984) e seus parâmetros de compactação determinados através do ensaio de compactação normal de Proctor, tal como preconizado pela norma NBR 7182 (ABNT, 1986).

O resíduo de bagaço de cana-de-açúcar será caracterizado quimicamente segundo o Documento 236 – Procedimentos para Análise Lignocelulósica da EMBRAPA (EMBRAPA, 2010), que estabelece normas para a determinação dos teores de umidade, extrativos, lignina, holocelulose e alfa celulose. Também foram determinados a massa específica aparente seca, umidade, granulometria (via peneiramento) e finura em laboratório.

As misturas de solo-cimento-bagaço foram feitas fazendo-se variar os teores de cimento e cinzas desde 100% de cimento e 0% de bagaço, 90% de cimento e 10% de bagaço, 80% de cimento e 20% de bagaço, e 50% de cimento e 50% de cinzas. A relação água-cimento utilizada para todos os traços foi de 16% em massa do traço. O ensaio de compactação foi realizado seguindo os procedimentos indicados pela norma NBR 12023 (ABNT, 1990), e a moldagem e cura dos corpos de prova cilíndricos de solo cimento seguiu os procedimentos indicados na NBR 12024 (1992). Para o estudo das misturas solo-cimento-cinzas, foram definidas as seguintes combinações:

- CPS - Solo;
- CP0 - Solo + 11% de cimento;
- CP10 - Solo + 11% de cimento (80% de cimento Portland + 10% de cinzas de bagaço de cana-de-açúcar);
- CP20 - Solo + 11% de cimento (80% de cimento Portland + 20% de cinzas de bagaço de cana-de-açúcar);
- CP50 - Solo + 11% de cimento (50% de cimento Portland + 50% de cinzas de bagaço de cana-de-açúcar).

Foram moldados corpos-de-prova, com 10,0 cm de diâmetro e 12,7 cm de altura, segundo a NBR 08491 - Tijolo Maciço de Solo-cimento, e aos 28 dias submetidos ao teste de 10 resistência à compressão simples e a absorção de água, segundo a NBR 08492/84 onde os valores individuais de resistência de compressão devem ser expressos em MPa.

Resultados

A presente pesquisa tem como intuito analisar as propriedades físicas e químicas do tijolo solo cimento fabricado a partir do incremento do resíduo da cana-de-açúcar. Tal procedimento, caso bem sucedido, poderá compor uma importante etapa na promoção do uso de tal tecnologia numa região rica neste tipo de resíduo.

DISCUSSÃO

Materiais não convencionais são aqueles materiais confeccionados utilizando recursos do meio, podendo ser de origem natural, da reutilização de produtos recicláveis ou de objetos que possuíam uma função anterior. O uso desses materiais está ligado a pontos históricos do Brasil, onde as técnicas construtivas envolviam principalmente a autoconstrução, e estavam ligadas à população com poder aquisitivo reduzido, e em geral situada no meio rural (BROSLER, 2011).

Estudos inicialmente desenvolvidos pelo professor Khosrow Ghavami em busca de novos materiais e tecnologias não convencionais (NOCMAT) apontaram potenciais contribuições econômicas e sociais esperadas com o uso de materiais e tecnologias não convencionais, envolvendo principalmente o desenvolvimento e uso em obras de engenharia, e especificamente na indústria da construção civil com a utilização de recursos naturais renováveis e abundantes como bambu, fibras vegetais (sisal, coco, piaçava, curauá, juta, fique, bananeira), compósitos de terra reforçada com fibras vegetais (GHAVAMI, 2005).

O reforço de compósitos cimentícios com fibras vegetais, tais como as fibras de sisal e coco, têm sido analisadas e tratados como novos materiais e tecnologias não convencionais. A grande quantidade e oferta dessas fibras propicia a oferta e sua utilização para diversas finalidades, dentre elas a incorporação (através de adição) em matrizes de cimento Portland vem sendo estudada visto que diversas pesquisas recentes, como as realizadas por Jhon et al. (2005), Gunasekaran et al. (2011), Rodríguez et al. (2011), Ramires et al. (2012), Silva et al. (2012), Ramli et al. (2013) e

Pereira et al. (2013), apontam que sua aplicação pode melhorar as propriedades físicas e mecânicas de compósitos cimentícios (apud SILVA, et al, 2014).

O bambu é um dos materiais não convencionais e renováveis com um papel muito importante na sustentabilidade e ecologia, pois esse material apresenta baixo custo, alta produtividade, boa resistência mecânica (especificamente resistência à tração), e redução do consumo de energia na sua produção, quando comparados com materiais convencionais, como o aço. Para exemplificar, o consumo de energia na produção de bambu é cinquenta vezes menor do que o consumo de energia na produção de aço (GHAVAMI, 2005).

A terra é um dos materiais de construção mais utilizados no mundo. No Brasil, assim como em Portugal as técnicas mais utilizadas foram o adobe (terra moldada), a taipa de pilão (terra compactada) e a taipa de mão (terra aplicada), encontrando-se exemplares em praticamente quase todo o território brasileiro (LOPES, 2002 apud WHITAKER, 2002). Destaca-se o uso dos Blocos de Terra Comprimida (BTC), técnica construtiva em que o solo é compactado estaticamente dentro de uma forma metálica. Esta técnica permite a incorporação de fibras vegetais além de resíduos industriais, agroindustriais e de mineração (GHAVAMI, 2005).

No Brasil, o tijolo solo cimento foi inicialmente empregado na confecção de bases e sub-bases de pavimentos de estradas (AMARAL, 2014). Segundo Teixeira (apud FIQUEROLA, 2004) os tijolos começaram a ser empregados na construção de casas populares em meados de 1978, após estudos feitos pelo Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo (IPT) e pelo CEPED que comprovaram bom desempenho termoacústico, bem como uma redução do tempo e de custos, de 20% a 40%, se comparado com a alvenaria tradicional.

Para a produção do tijolo solo cimento não é necessária a etapa de queima, sendo um importante fator para considerá-lo como ecológico, pois evita a emissão de grandes quantidades de gases causadores do efeito estufa (AMARAL, 2014). O tijolo solo cimento pode ser utilizado sem uso de chapisco, emboço e reboco, o que diminui o desperdício de matéria-prima.

Marques et.al. (2012) estudaram a incorporação do resíduo de CBC de Rio Largo/AL em tijolos solo cimento em substituição parcial do cimento. Os resultados mostraram de uma forma geral, uma redução na resistência à compressão e um aumento da absorção de água dos tijolos de acordo com o aumento da porcentagem do resíduo de CBC.

CONCLUSÃO

A adição de cinzas de bagaço de cana-de-açúcar em argamassas de cimento Portland, proporcionaram maior porosidade, maior absorção de água, e os resultados de resistência à compressão simples indicaram resultados positivos em substituições em até 20% de cimento pelas cinzas (PAULA et al., 2009).

Amaral (2014) menciona que o resíduo de CBC pode ser utilizado como matéria-prima alternativa de baixo custo em substituição parcial do cimento na produção de tijolos solo cimento, pois, além de ser uma nova alternativa para reuso deste abundante resíduo, a incorporação resulta em vantagens técnicas e ainda promove uma redução no custo do produto final.

O tijolo solo cimento com acréscimo de resíduo de bagaço de cana-de-açúcar possui grandes vantagens, pois utiliza-se como matéria-prima um material abundante e de fácil obtenção, o solo, e aproveita e evita o descarte de um resíduo que já teve um uso primário.

REFERÊNCIAS

- AMARAL, M. C. **Avaliação da Incorporação de Resíduo de Cinzas de Bagaço de Cana-de-Açúcar em Tijolo Solo-Cimento**. Universidade Estadual Do Norte Fluminense - UENF. Rio de Janeiro, 2014. 101 p.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 06459 – Solo: determinação do limite de liquidez**. Rio de Janeiro, 1984b.
- _____. **NBR 07180 – Solo: determinação do limite de plasticidade**. Rio de Janeiro, 1984c.
- _____. **NBR 07181 – Solo: análise granulométrica**. Rio de Janeiro, 1984a.
- _____. **NBR 07182 – Solo: ensaio de compactação**. Rio de Janeiro, 1986.
- _____. **NBR 07215 – Cimento Portland: determinação da resistência à compressão**. Rio de Janeiro, 1996.
- _____. **NBR 08491 – Tijolo maciço de solo-cimento: especificação**. Rio de Janeiro, 1984e.
- _____. **NBR 08492 – Tijolo maciço de solo-cimento: determinação da resistência à compressão e da absorção d'água**. Rio de Janeiro, 1984d.
- _____. **NBR 12023 – Solo-cimento: ensaio de compactação**. Rio de Janeiro, 1992.
- _____. **NBR 12024: Solo-cimento: moldagem e cura de corpos-de-prova cilíndricos**. Rio de Janeiro, 1992.
- BARBOSA, N. P.; GHAVAMI, K. **Construção em terra crua e sustentabilidade**. Materiais de Construção, 2014. 29 p.
- BARBOSA, N. P.; MATTONE, R.; MESBAH, A. **Blocos de Concreto de Terra: Uma Opção Interessante Para a Sustentabilidade da Construção**. 2002. 18 p.
- BROSLER, T. M. **Materiais não convencionais na construção civil: presente, passado e futuro no processo de conhecimento dos assentados de Mogi Mirim-SP**. Campinas, 2011. 181p.
- CENTRO DE PESQUISA E DESENVOLVIMENTO - CEPED. **Manual de construção com solo cimento**. 4a ed. Camaçari, 1999. 114 p.
- CINCOTTO, M. A. **Utilização de subprodutos e resíduos na indústria da construção civil**. A Construção, v.1855. 1983.
- COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO – CONAB. **Acompanhamento da Safra Brasileira: Cana-de-Açúcar, primeiro levantamento**. V.6 - SAFRA 2019/20 - N.1 - Primeiro levantamento Brasília – DF, 2019. 58 p.
- EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Manual de métodos de análise de solo**. – 2. ed. rev. atual. – Rio de Janeiro, 1997. 212p.
- FIQUEROLA, V. **Alvenaria de solo-cimento**. Revista Técnica, Editora Pini, São Paulo-SP, no 85, 2004.

GHAVAMI, K. **Materiais e Tecnologias não Convencionais para o Século XXI**. Rio de Janeiro, 2005.

INSTITUTO MAURO BORGES DE ESTATÍSTICAS E ESTUDOS SOCIOECONÔMICOS – IMB. **Déficit Habitacional em Goiás: Uma Análise do CadÚnico – 2017**. Goiânia, 2017.

MARQUES, S. K. J.; TENÓRIO, T. M.; MEDONÇA, S. F. **Estudo da incorporação de cinzas do bagaço de cana-de-açúcar em formulações para a fabricação de tijolos solo-cimento**. Anais do VII Congresso Norte e Nordeste de Pesquisa e Inovação Palmas – TO, 2012. 7 p.

MORAIS, J. P. S.; ROSA, M. F.; MARCONCINI, J. M. **Procedimentos para análise lignocelulósica**. EMBRAPA - Documento 236. 2010. 58 p.

PAULA, M. O., TINÔCO, I. F. F., RODRIGUES, C. S., SILVA, E. N., SOUZA, C. F. **Potencial da cinza do bagaço da cana-de-açúcar como material de substituição parcial de cimento Portland**. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v.13, n.3, p.353–357, 2009.

PORTLAND CEMENT ASSOCIATION - PCA. **Soil-cement construction handbook**. Illinois, PCA, 1969. 42 p.

SILVA, E. J., SILVA, P. D., MARQUES, M. L., JUNIOR, C. C. M. F., GARCIA, F. C., LUZARDO, F. H. M. **Resistência à compressão de argamassas em função da adição de fibra de coco**. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental Campina Grande, PB, UAEA/UFCG – v.18, n.12, p.1268–1273, 2014.

SOUSA, V. M. Z. **Caracterização mecânica, térmica e morfológica de compósitos de Polihidroxibutirato (PHB) reforçados com fibras de curauá**. Dissertação de Mestrado em Integridade de Materiais da Integridade da Engenharia, Faculdade UnB Gama/FT/Universidade de Brasília, DF, 2016. 106 p.

UNICA - União da Indústria de Cana-de-Açúcar. **Área colhida com cana-de-açúcar, 2017 - 2017**. Disponível em: <<http://www.unicadata.com.br/historico-de-area-ibge.php>>. Acesso em: 16 maio 2019.

WHITAKER, D. C. A. **Sociologia Rural: questões metodológicas emergentes**. Presidente Venceslau, São Paulo, 2002.