



Análise física e mecânica de tijolos de solo-cimento produzidos com compósitos de resíduos industriais.

Arnaldo Alberto de Moraes Filho^{1,*}, Caio Franco de Araujo Almeida Campos¹, Judson Ricardo Ribeiro da Silva², Nilton Cesar Feltrim Aquotti¹, José Eduardo Gonçalves^{1,3}

¹ Programa de Pós-Graduação - Centro Universitário de Maringá - Unicesumar

² Centro Universitário de Maringá - Unicesumar

³ Instituto Cesumar de Ciência, Tecnologia e Inovação - ICETI

* arnaldo.engenhar@gmail.com

Resumo: Resíduos industriais estão sendo testados para a fabricação de tijolos de solo-cimento sendo esta uma alternativa ambientalmente correta que possibilita a valorização destes resíduos, permitindo que os resíduos industriais voltem a cadeia produtiva como novos compósitos para incorporação de produtos em vez de simplesmente lançá-los na natureza. Neste trabalho, analisou-se a influência da incorporação de cinza de bagaço de cana, pó de serra e PET nas caracterizações físicas e mecânicas de tijolos de solo-cimento. Os resultados obtidos mostraram que a incorporação dos resíduos industriais (cinza de bagaço de cana e pó de serra) ao tijolo de solo-cimento manteve as propriedades mecânicas gerais, mostrou ainda que a resistência mecânica de algumas amostras obteve desempenho estrutural possibilitando a produção de tijolos prensados mais eficiente na relação custo-benefício, constituindo-se, portanto, numa excelente alternativa para o aproveitamento destes materiais.

Palavras-chave: Materiais de construção civil, Resíduos industriais, Cinza do bagaço da cana.

Área Temática: Resíduos Sólidos.

Physical and mechanical analysis of soil-cement bricks produced with industry waste composites.

Abstract: Industry waste is being tested for the manufacture of soil-cement bricks and this is an environmentally correct alternative that allows the recovery of these residues, allowing industry waste to return the production chain as new composites for incorporation of products instead of simply launching them in nature. In this work, the influence of the incorporation of ash from sugarcane bagasse ash, saw dust and PET in the physical and mechanical characterization of soil-cement bricks was analyzed. The results showed that the incorporation of the industrial residues (cane bagasse ash and saw dust) to the soil-cement brick maintained the general mechanical properties, also showed that the mechanical strength of some samples obtained structural performance allowing the production of bricks more efficient in the cost-benefit relation, constituting, therefore, an excellent alternative for the use of these materials.

Key-words: Building materials, Industrial waste, Bagasse ash.

Thematic Area: Solid Waste.



1 INTRODUÇÃO

O desenvolvimento de materiais obtidos a partir de fontes renováveis ou a reciclagem de materiais deve-se ao grande número de possibilidades oferecidas pelas novas tecnologias para a criação de materiais avançados, com base em produtos químicos e matérias-primas conhecidas (Paula et al 2009; Vieira Neto, 2012; Bragança et al., 2007; Valadares et al., 2006). A reciclagem e o reuso de resíduos oferecem uma grande quantidade de oportunidades econômicas e é um requisito de qualquer sistema que seja sustentável.

A atividade industrial e agrícola gera resíduos em muitos setores. Um exemplo no setor agrícola é a casca de arroz, que foi explorada como fonte de energia para a combustão, e nas micropartículas de sílica, abundante nas cinzas produzidas pela queima, que hoje é um importante aditivo para cimentos Portland (Almeida et al, 2013). Espera-se o uso de diversos tipos de matérias primas para a indústria para gerar novos produtos que cumpram as funções desejáveis e necessárias, fabricados por processos suaves ou leves que estimulam o desenvolvimento econômico e social em padrões sustentáveis e, na medida do possível, sustentáveis (Melo et al., 2011).

Os tijolos de solo cimento representam uma alternativa às diretrizes de desenvolvimento sustentável (Grande, 2003), uma vez que requerem baixo consumo de energia na extração de matérias-primas, podem dispensar o processo de cozimento e reduzir a necessidade de transporte, já que podem ser produzidos tijolos com a terra da própria construção (MCTI, 2010); Outro aspecto é a capacidade de racionalizar o processo de construção, através do uso de tijolos modulares que permitem o uso de técnicas utilizadas na alvenaria, proporcionando redução de resíduos e redução do volume de resíduos gerados, proporcionando velocidade no processo de construção, materiais e mão-de-obra; eliminar o dano às paredes para a passagem de tubos, uma vez que os tijolos têm furos que se sobrepõem de forma modular facilitando a fixação de condutos e conduítes, sejam eles hidráulicos, elétricos ou de esgotamento, bem como o modelo construtivo reduzir o consumo de argamassa para acomodação e regularização das paredes (Souza et al., 2008).

As diferentes fontes de matérias-primas renováveis e abundantes estão presentes nos diferentes estágios de uso, conhecimento e desenvolvimento científico e tecnológico (Rodrigues et al., 2007; Silva et al., 2008). Portanto, o objetivo deste estudo foi associar certas matérias-primas na fabricação de tijolos de solo-cimento e verificar se as propriedades de leveza, resistência e durabilidade são adicionadas aos tijolos de solo-cimento reciclados.

2 METODOLOGIA

2.1 Obtenção das matérias primas

Para a produção dos tijolos de solo-cimento, foi utilizado o solo disponibilizado pela Cerâmica Florai (Florai/ PR, latitude 23°19'4.08"S, longitude 52°17'26.74"O), a Cinza do Bagaço da Cana de açúcar (CBC) foi fornecida pela empresa Usina Santa Terezinha (Maringá/ PR, latitude 23°23'49.71"S, longitude 52° 5'37.21"O), o PET triturado, com partículas variando entre 0,5 y 1,5 mm, fornecido pela empresa Procpet (Maringá/PR, latitude 23°27'26.44"S, longitude 51°59'59.55"O) e o Pó de Serra (PS), pela Marcenaria “La Vita Móveis” (Maringá/ PR, latitude 23°25'25.41"S e longitude - 51°53'12.70"O). As amostras de solo foram preparadas seguindo as orientações das normas brasileiras NBR 6457 (ABNT, 1986) e NBR 10832 (ABNT, 2003).

2.2 Produção dos materiais compósitos



Os materiais do solo cimento foram produzidos nas dimensões de 5 cm (largura) x 20 cm (comprimento) x 5 cm (altura). A Tabela 1 mostra as combinações entre as quantidades dos vários materiais utilizados na produção dos tijolos de solo cimento.

Para caracterizar o solo, a amostra foi submetida a testes de granulometria e compressão. A análise do tamanho de partícula foi realizada, seguindo as recomendações de Ferrari et al. (2014). O resultado da distribuição do tamanho das partículas do solo mostrou uma proporção de 16% de areia fina e 63% da média, permitindo classificar o solo como arenoso, com 78% de areia e 22% de argila e limo. No teste de compactação do solo, a umidade ideal correspondente ao solo foi de 10%.

Para a produção dos tijolos, o teor de cimento foi adicionado ao solo para cada composição em estudo (Tabela 1) e 10% de água para cada mistura. Os materiais foram misturados manualmente para obter uma cor uniforme. Os tijolos foram moldados aplicando a mistura em uma prensa manual, e após a moldagem, cada tijolo foi armazenado nas mesmas condições, sem realizar nenhum processo de recuperação.

Tabela 1 – Combinações entre as quantidades de materiais na massa de tijolo

Amostras	Composição (% total, na mistura).				
	Solo	Cimento	Cinzas (CBC)	Pó de serra (PS)	PET
1	100	-	-	-	-
2A	90	10	-	-	-
2B	80	20	-	-	-
2C	70	30	-	-	-
3	70	-	30	-	-
4A	70	20	10	-	-
4B	70	10	20	-	-
5A	60	30	-	20	-
5B	70	20	-	10	-
6	60	-	30	10	-
7A	60	20	10	10	-
7B	60	10	10	10	-
8A	60	20	10	-	10
8B	60	10	20	-	10
9A	60	20	10	-	10
9B	60	10	20	-	10
10A	50	10	20	-	20
10B	60	10	20	-	10 ⁽¹⁾

(1) PET com propileno glicol

2.3 Caracterização química e física dos tijolos de solo cimentos reciclados

Foi realizada para compreender a análise química do material a fluorescência de raios X, difração de raios X e microscopia eletrônica de varredura e, a resistência e durabilidade de acordo com a norma brasileira NBR 8492/2012 para a produção de tijolos de solo-cimento.

2.4 Espectroscopia de Fluorescência de Raios X

As medições de fluorescência de raios X para a determinação de silício, ferro e outros elementos nos materiais produzidos foram feitas em um espectrofotômetro da marca TRACOR Northen 5000 equipado com uma câmara de janela de berílio a vácuo (0,7 Torr).

2.5 Absorção de água por imersão



A análise de absorção de água por imersão foi determinada de acordo com a metodologia descrita na NBR 12118/2013.

2.6 Análise de microscopia de varredura eletrônica

Amostras de materiais de superfície foram obtidas a partir da coleta de fraturas, divididas em testes de 28 dias com compressão a serem enviados para análise de microscopia eletrônica de varredura. Estes materiais foram colocados na superfície de uma fita dupla face aderida ao suporte de amostra de alumínio. Em uma segunda etapa, uma fina camada de material condutor (ouro) foi depositada nas amostras através de um bombardeamento de íons Balzer, modelo MED 020. As micrografias foram obtidas em um microscópio SHIMADZU, modelo SS 550, equipado com microscópio com detector de energia dispersiva (EDS). A tensão de aceleração de 15 keV foi utilizada.

2.7 Difração de Raios-X (DRX)

As amostras da superfície de fratura dos materiais, quebradas no teste de resistência à compressão com 28 dias, foram submetidas à análise de difratômetro de raios X SHIMADZU (Centro de Análise Avançada de Apoio à Pesquisa de Materiais complexos da Universidade Estadual de Maringá - CAM / COMCAP / UEM).

2.8 Ensaio de resistência à compressão dos solos-cimento

A resistência à compressão é um parâmetro chave a considerar na produção de tijolos e cimento para construção. Para os testes de resistência à compressão, foram utilizados blocos com diferentes misturas e sua composição, seguindo as recomendações da NBR 8492/2012. As dimensões das fases de trabalho foram determinadas com uma precisão de 1 mm e a amostra foi colocada na placa inferior da máquina de teste de compressão. A aplicação da carga foi uniforme e aumentou gradualmente até a primeira fenda visível na superfície da amostra ter ocorrido.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Produção de tijolos de solo cimento

Para a composição do solo cimento, utilizou-se solo, que foi esmagado visando à sua transformação em materiais granulares de aparência similar a uma areia de construção do tipo grossa. O cimento Portland é uma mistura de clínquer com gesso e o clínquer é obtido a partir da calcinação do calcário (MME, 2010). Neste trabalho foi utilizado o cimento Portland comum, CP I - 32, que é uma referência para suas características e propriedades favoráveis para a produção de solo-cimento, este tipo de material é comum no mercado local e a escolha deste tipo de cimento Portland deu-se por que nele não há qualquer adição de produtos além do gesso que funciona como retardador de pega.

Conforme descrito na Tabela 1, foram preparados vários materiais com o padrão de referência NBR 10833 (ABNT, 2012), com diferentes porcentagens de cimento e diferentes formas de CBC, PS e PET, eles foram testados para determinar a resistência à compressão e a capacidade de absorver água durante o tempo de cura de 28 e 56 dias. Durante a preparação dos materiais tornou-se evidente que o uso de resíduos de PET para uma mistura homogênea e compacta não é satisfatório e, portanto, não foram analisados.

3.2 Caracterização química e física dos tijolos de solo cimento reciclada

Foram realizadas análises de difração de raios-X em todos os materiais do Tijolo de Solo Cimento Reciclado (TSCR). Foram introduzidos os insumos oriundos dos resíduos industriais na composição da massa do TSCR. A CBC mostrou picos que caracterizam o material como cristalino. Através da comparação com as formas cristalográficas de materiais

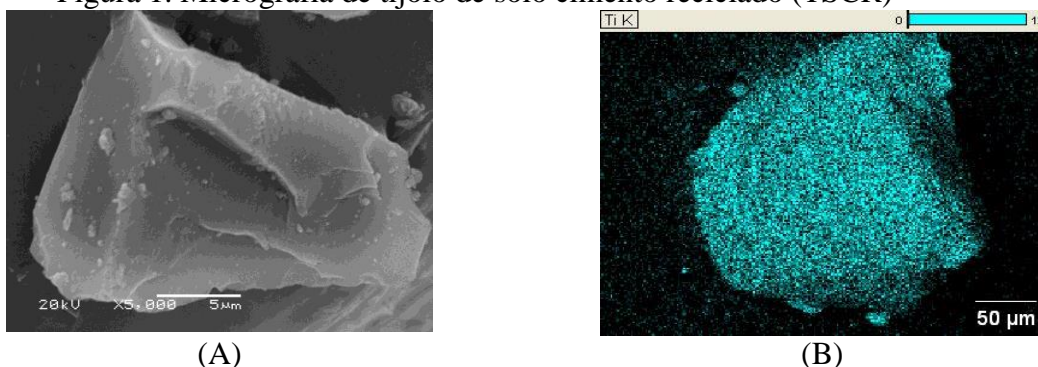


pode-se dizer que existe a presença de mais de 98% de SiO_2 cristalino (quartzo) e menos de 2% de tridita e cristobalita. Uma vez que as composições de tijolos não foram incorporadas à CBC, a análise de difração de raios X mostrou que elas são amorfas e esse comportamento foi mantido para essas composições, mesmo após o tratamento térmico realizado a 600°C .

Para os TSCR com a incorporação da CBC, foi realizada a análise de fluorescência de raios X (XRF) para determinar a composição química, com as seguintes proporções: SiO_2 (48,35%), Fe_2O_3 (23,14%) e Al_2O_3 (11,2%), K_2O (6,86%), TiO_2 (5,61%) e outros elementos em proporções menores. Vários autores da literatura (Sales e Lima, 2010, Smith, 2008, Souza, 2011) descrevem a incorporação de cinzas de bagaço de cana-de-açúcar em materiais aplicados à construção, onde obtiveram resultados promissores no campo de resistência a compressão, tração e absorção de água que poderiam ser usadas como substituto parcial da areia em concreto produzido com clínquer de cimento modificado.

A análise por microscopia eletrônica de varredura (Figura 1) que ocorreu nos TSCRs demonstrou que, para cada composição estudada, uma superfície porosa baixa indicando uma boa aderência dos materiais (Figura 1A) confirmada pela micrografia (Figura 1B) onde a cinza foi incorporada uniformemente na mistura. A análise também foi realizada para cada composição aplicando um tratamento térmico de 600°C . Mesmo após o tratamento térmico, não houve separação de fases e a incorporação de material reciclado restante distribuído uniformemente em todo o tijolo de cimento, o que confirma a informação obtida na análise de raios-X.

Figura 1. Micrografia de tijolo de solo cimento reciclado (TSCR)



A Tabela 2 apresenta dados sobre a absorção de água para todos os materiais, verificando que todos cumprem a absorção máxima de 20%, recomendada pela NBR 12118 (ABNT, 2013) que especifica os métodos de teste para determinar a absorção e resistência da água.

Os testes de resistência à compressão para tijolos de cimento reciclado são mostrados na Tabela 2. Estes testes foram realizados após 28 e 56 dias de preparação. Os valores individuais de resistência à compressão, expressos em Mpa, foram obtidos dividindo a carga máxima (Kgf), observada durante o teste, a média das áreas das duas fases de trabalho levando em consideração apenas a seção transversal útil correspondente a área da seção transversal total, menos a área máxima dos furos.

Tabla 2. Absorção de agua nos pavers de solo cimento reciclado e sua resistência a compressão (Mpa).

Solo	Cimento	CBC	PS ¹	PET	AA ²	Resistência (Mpa) 28 dias	Resistência (Mpa) 56 dias
100	-	-	-	-	19,8	1,60	1,78
90	10	-	-	-	17,1	7,71	7,77



80	20	-	-	-	17,2	8,54	8,63
70	30	-	-	-	17,5	9,87	9,91
70	-	30	-	-	12,5	7,21	7,35
70	20	10	-	-	12,8	8,14	8,42
70	10	20	-	-	12,6	8,26	8,32
70	30	-	20	-	14,7	9,04	9,74
70	20	-	10	-	14,5	7,96	8,05
60	-	30	10	-	13,3	6,87	6,91
60	20	10	10	-	14,1	8,62	8,75
70	10	10	10	-	13,5	8,32	8,44

¹ Pó de serra; ² Prova de absorção de água

A análise dos resultados identificou que as amostras cumprem os requisitos da norma ISO 8492/2012. De acordo com a norma, a resistência à compressão dos tijolos maciços do solo cimento que não deve ser inferior a 2,0 MPa para valores médios e 1,7 MPa para os valores individuais, a simples resistência à compressão dos tijolos após de 28 e 56 dias para as composições estudadas foram muito superiores ao valor mínimo (Tabela 2).

A adição de CBC e PS ao material de solo-cimento não altera a força desses materiais. Ao comparar forças de compressão com diferentes proporções de argamassas de tijolos de cimento com tijolos reciclados de cimento e CBC, não são observadas alterações significativas na resistência do tijolo feito com solo e CBC. A comparação dos estudos de outros autores (Dallacort et al., 2002; Corrêa et al, 2006; Melo, 2011; Ferrari et al, 2014) encontrou um aumento significativo na resistência desses materiais.

Um comportamento semelhante pode ser observado (Tabela 2) com a porcentagem de absorção de água (AA) dos tijolos aos 28 e 56 dias. O resultado médio de cada composição de teste mostra uma tendência para estabilizar a capacidade de absorção de água dos tijolos com o progresso da idade após 28 dias. Os valores de absorção de água no tijolo são sempre inferiores a 20%, conforme descrito pelo padrão NBR 8491 (ABNT, 2012). Ao analisar os dados de absorção de água, observa-se uma diminuição nos valores de absorção com o aumento da proporção de CBC no TSCR, o que é um fato importante e que pode garantir um aumento de resistência mecânica e durabilidade desses produtos.

A Tabela 2 mostra que a redução da proporção de cimento de 20% a 10% nesta composição, adicionando 20% de cinzas, é alcançada um TSCR com resistência de 8.26Mpa (28 dias) e 8.32Mpa (56 dias) muito semelhante ao anterior com 20% de cimento - que foi de 8.54Mpa (28 dias) e 8.63Mpa (com 56 dias). Um resultado semelhante é obtido quando o agregado PS é adicionado com uma redução de 10% na proporção de cimento de 20% a 10% na composição do tijolo de cimento com resistência de 8.32Mpa (28 dias) e 8.44Mpa (56 dias). Pode-se propor com esses resultados que haja uma redução dos custos na produção do tijolo de solo cimento com uma redução de 20% a 10% do cimento necessário e também, um impacto ambiental positivo no que se refere ao destino final da CBC e PS como agregado.



4 CONCLUSÃO

A incorporação de CBC e PS no tijolo de solo cimento, associada à diminuição da porcentagem de cimento na mistura, mostrou que a resistência dos materiais produzidos é superior a 2 MPa e a absorção de água abaixo do valor máximo de 20% recomendado pelo padrão. Assim, para considerações econômicas e ambientais, os TSCR obtidos com a presença de CBC e PS podem ser fabricados e aplicados em construção civil sem função estrutural.

A aplicação deste lixo sólido (cinza de bagaço de cana-de-açúcar e serradura) na produção de tijolos apresenta uma alternativa viável e integra os benefícios da produção de tijolos com a redução de insumos (resíduos sólidos) com alto impacto ambiental, para a grande quantidade gerada e a falta de disposição adequada.

5 REFERÊNCIAS

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 8492: Tijolo maciço de solo-cimento - Determinação da resistência à compressão e da absorção d'água. Rio de Janeiro: ABNT, 2012. 04 páginas. <http://www.abntcatalogo.com.br/norma.aspx?ID=193718>.

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 12118: Tijolo maciço de solo-cimento - Procedimentos para verificar a absorção de água para blocos de tijolo e concreto de alvenaria. Blocos vazados de concreto simples para alvenaria – Método de ensaio. Rio de Janeiro: ABNT, 2013. 14 páginas. <http://www.abntcatalogo.com.br/norma.aspx?ID=314197>

ALMEIDA, Alessandra Eutuko Feuzicana de Souza. TONOLI, Gustavo Henrique Denzin. SANTOS, Sergio Francisco. & SAVASTANO Junior Holmer (2013). Improved durability of vegetable fiber reinforced cement composite subject to accelerated carbonation at early age. Cement & Concrete Composites, 42, 49-58. https://www.researchgate.net/publication/264934255_Improved_durability_of_vegetable_fiber_reinforced_cement_composite_subject_to_accelerated_carbonation_at_early_age

BRAGANÇA, Fabio de Campos. VALADARES, Leonardo Fonseca. LEITE, Carlos Alberto de Paula & GALEMBECK, Fernando (2007). Counterion effect on the morphological and mechanical properties of polymer-clay nanocomposites prepared in an aqueous medium. Chemistry of Materials, 19, 3334-3342. https://www.researchgate.net/publication/231240073_Counterion_Effect_on_The_Morphological_and_Mechanical_Properties_of_PolymerClay_NanoComPosites

GALEMBECK, Fernando. BARBOSA, Cezar Augusto Sales. SOUZA, Rafael Aaromba. Aproveitamento sustentável de biomassa e de recursos naturais na inovação química. Química Nova, 32(3), 571 – 581, 2009. http://quimicanova.sbq.org.br/imagebank/pdf/Vol32No3_571_02-QN09149.pdf

GRANDE, Fernando Mazzeo (2003). Fabricação de tijolos modulares de solo-cimento por prensagem manual com adição de sílica ativa. São Carlos: EESC-USP, 165p. Dissertação Mestrado. <http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/18/18141/tde-07072003-160408/pt-br.php>

MANFROI, Eliz Paula. CHERIAF, Malik. ROCHA, Janaide Cavalcante. MICROSTRUCTURE, MINERALOGY AND environmental evaluation of cementitious composites produced with red mud waste. Construction and Building Materials, 67, 29-36,



2014. <https://www.deepdyve.com/lp/ElseVier/microstructure-mineralogy-and-environmental-evaluation-of-cementitious-2FSHxIAdWX>

MCTI - MINISTÉRIO DA CIÊNCIA, TECNOLOGIA E INOVAÇÃO, 2010. II Inventário Brasileiro de Emissões e Remoções Antrópicas de gases de Efeito Estufa. Relatório de referência: Emissões de gases de efeito estufa nos processos Industriais – Produtos minerais, Parte I – Produção de Cimento. Brasília, 2010. Disponível em www.mct.gov.br/upd_blob/0228/228962.pdf.

MELO, Aluísio Braz. BARBOSA, Normando Perrazo. LIMA, Marçal Rosas Florentino. SILVA Elisângela Pereira Desempenho estrutural de protótipo de alvenaria construída com blocos de terra crua estabilizada. Ambiente Construído, 11(2), 111–124, 2011. <http://www.scielo.br/pdf/ac/v11n2/a08v11n2.pdf>

PAULA, Marcos O. TINÔCO, Ilda de F. F. RODRIGUES, Conrado S. SILVA, Elizabeth N. SOUZA, Cecília de 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, 13, 353-357, 2009. http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S1415-43662009000300019&lng=pt&tlng=pt

RIPPEL, Márcia Maria. BRAGANCA, Fábio do Carmo. Natural Rubber and Nanocomposites with Clay. Quimica Nova, 32, 818-826, 2009. http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0100-40422009000300024&script=sci_arttext&tlng=en

RODRIGUES, André W. BRASILEIRO, Maria I. ARAÚJO, Williane. ARAÚJO, Edcléide M., NEVES, Gelmires A. MELO, Tomás J. A. Desenvolvimento de nanocompósitos polipropileno/argila Bentonita Brasileira: I Tratamento da argila e influência de compatibilizantes polares nas propriedades mecânicas. Polímeros: Ciência e Tecnologia, 17, 219 – 227, 2007. <http://www.scielo.br/pdf/po/v17n3/07.pdf>

SILVA, E. P. NASCIMENTO, J. W. B. BARBOSA, N. P. LEAL, A. F. Avaliação de painéis de tijolos prensados de solo-cimento incorporados com resíduos de calçados (EVA). Revista Eletrônica de Materiais e Processos, 3(2), 44-49, 2008. <http://www2.ufcg.edu.br/revista-remap/index.php/REMAP/article/view/66/96>

SOUZA, Márcia I. B. SEGANTINI, Antônio A. S. PEREIRA, Joelma A. Tijolos prensados de solo-cimento confeccionados com resíduos de concreto. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, 12(2), 205-212, 2008. <http://www.scielo.br/pdf/rbeaa/v12n2/v12n0214.pdf>

SOUZA, Thiago Augusto Corrêa. NUNES, Grécia Aparecida. SOARES, Juzelma Marinkes. QUEIROZ, Marluce Teixeira Andrade Análise preliminar da resistência à compressão de tijolos ecológicos fabricados no município de Ipaba. Iberoamerican Journal of Industrial Engineering, 3(1), 48-61, 2011. <http://incubadora.periodicos.ufsc.br/index.php/IJIE/article/viewFile/795/pdf>

VIEIRA NETO, José Gabriel. Análise da utilização de diferentes misturas de solo-cimento com vistas à produção de tijolos maciços. Acta Iguazu, 1(3), 71–87, 2012. https://www.researchgate.net/publication/265124527_Analise_da_utilizacao_de_diferentes_misturas_de_solo-cimento_com_vistas_a_producao_de_tijolos_macicos.