

PRODUÇÃO DE BLOCOS SOLO-CIMENTO UTILIZANDO CINZAS DE CARVÃO VEGETAL.

PRODUCTION OF SOIL-CEMENT BLOCKS USING CHARCOAL ASH.

Yago Mathias Peroni, Vinicius Albuquerque, Gustavo Di Stefano, Paulo Eduardo de Oliveira Andrade

Universidade Santa Cecília, Faculdade de Engenharia, Curso de Engenharia Civil
E-mail para contato: yagoperoni@gmail.com

RESUMO – Este artigo investiga a viabilidade técnica do uso de cinzas de carvão vegetal como aditivo na produção de blocos de solo-cimento, com o objetivo de reduzir o impacto ambiental e os custos do material, sem comprometer a resistência mecânica do mesmo. O solo foi caracterizado conforme a NBR 10833/2012, e os blocos foram moldados utilizando traços com diferentes proporções de cinzas (0%, 2,5%, 5% e 7,5%). Os corpos de prova foram submetidos a ensaios de resistência à compressão, absorção de água e análise dimensional, conforme a NBR 8492/2012. Os resultados preliminares indicam que a adição de até 2,5% de cinzas mantém ou melhora o desempenho dos blocos, demonstrando o potencial do resíduo como substituto parcial do cimento.

Palavras-chave: solo-cimento, tijolo ecológico, carvão vegetal, construção sustentável, aditivos alternativos.

ABSTRACT – This paper investigates the technical feasibility of using charcoal ash as an additive in the production of soil-cement blocks, aiming to reduce environmental impact and material costs without compromising its mechanical strength. The soil was characterized according to NBR 10833/2012, and the blocks were molded using mixtures with different proportions of ash (0%, 2.5%, 5%, and 7.5%). The test specimens were subjected to compression strength tests, water absorption, and dimensional analysis, according to NBR 8492/2012. Preliminary results indicate that the addition of up to 2.5% ash maintains or improves the performance of the blocks, demonstrating the potential of the waste as a partial substitute for cement.

Keywords: soil-cement, ecological brick, charcoal, sustainable construction, alternative additives.

1 INTRODUÇÃO

O setor da construção civil é responsável por significativa emissão de CO₂ e consumo de recursos naturais. Diante disso, soluções alternativas vêm sendo buscadas para alinhar o desenvolvimento urbano às práticas sustentáveis. Uma dessas alternativas são os blocos de solo-cimento, que dispensam o processo de queima tradicional e utilizam materiais amplamente disponíveis.

Nos últimos anos, o reaproveitamento de resíduos industriais e agrícolas ganhou destaque na engenharia civil. As cinzas de carvão vegetal, geradas na indústria siderúrgica e em processos térmicos, apresentam potencial como aditivo em substituição parcial ao cimento Portland. Essa substituição visa reduzir o impacto ambiental do cimento, maior responsável pela emissão de gases de efeito estufa na construção.

A proposta deste trabalho é avaliar a viabilidade técnica do uso de cinzas de carvão vegetal na fabricação de tijolos ecológicos, considerando os aspectos de resistência mecânica, absorção de água e desempenho físico.

Os objetivos desse trabalho são:

Objetivo Geral:

- Avaliar a viabilidade da substituição parcial do cimento por cinzas de carvão vegetal na produção de blocos de solo-cimento.

Objetivos Específicos:

- Definir traços com diferentes proporções de cinzas (0%, 2,5%, 5% e 7,5%);
- Produzir e moldar blocos com adição de cinzas;
- Avaliar a resistência à compressão, absorção de água e dimensões dos blocos produzidos

2 MATERIAIS E MÉTODOS

A pesquisa foi conduzida com abordagem experimental, em que foram moldados blocos de solo-cimento com diferentes proporções de cinzas de carvão vegetal.

O solo utilizado segue as diretrizes da ABNT NBR 10833/2012. A argila foi coletada na Fazenda Guatiaia (Itariri-SP). A caracterização do solo foi feita conforme as normas ABNT

NBR 6457, 6459, 7180 e 7181, abrangendo preparação, limites de liquidez e plasticidade, e granulometria.

Foi utilizado cimento Portland CP II-f 32, por sua boa durabilidade, desempenho mecânico e facilidade de compra na baixada santista. Adotando a proporção 1:8 (cimento:solo), eficiente em desempenho e sustentabilidade, atendendo à NBR 8491:1984, com resistência superior a 2 MPa.

Com base em Tokarski (2022), foram produzidos traços com 0%, 2,5%, 5% e 7,5% de cinza de carvão vegetal, para comparação entre os diferentes níveis de adição.

A produção será realizada nos laboratórios da UNISANTA. Os materiais foram homogeneizados até atingir a umidade ótima com base no teste da bola (ABCP, 1998). A moldagem foi feita em prensa manual, respeitando os procedimentos da NBR 10833/2012. Foram produzidos 32 tijolos, sendo 8 por traço. Dois foram reservados para ensaio de absorção e seis para compressão, após a prensagem, os tijolos foram desformados e encaminhados diretamente para a cura.

A cura inicial dura sete dias em câmara úmida conforme a NBR 10833, sendo os tijolos mantidos em repouso até completarem 28 dias. Serão realizados três ensaios segundo a NBR 8491 (ABNT, 2012), sendo eles: análise geométrica; ensaio de resistência à compressão: Testes realizados aos 7 e 28 dias; ensaio de absorção de água: Dois corpos de prova por traço.

A sustentabilidade segundo Brundtland (1987), trata-se de suprir as necessidades presentes sem comprometer as gerações futuras. No setor da construção, o uso de materiais alternativos e a redução do consumo de cimento são estratégias essenciais para alcançar essa meta.

O tijolo de solo-cimento é um exemplo de inovação sustentável. Produzido por compactação sem queima, sua fabricação consome menos energia e gera menos resíduos. Para a produção de tijolos ecológicos de solo-cimento, é fundamental utilizar um solo que atenda aos requisitos da norma ABNT NBR 10833. Sendo eles 100% de material passar na peneira 4,75mm, 10% a 50% na nº 200 de 75µm, limite de liquidez $\leq 45\%$, limite de plasticidade $\leq 18\%$ Esse solo deve apresentar 100% de material passando na peneira nº 4 de malha 4,75 mm,

10% a 50% de material passando na peneira nº 200 de 75µm (0,075 mm), limite de liquidez $\leq$ 45% e Limite de plasticidade $\leq$ 18%.

A amostra ensaiada de acordo com a ABNT NBR 8491 não pode apresentar a média dos valores de resistência à compressão menor do que 2,0 MPa (20 kgf/cm²) nem valor individual inferior a 1,7 MPa (17 kgf/cm²), com idade mínima de sete dias. A amostra ensaiada deve satisfazer as tolerâncias permitidas nas dimensões nominais dos tijolos de $\pm$ 1,00 mm para o comprimento (C), largura (L) e altura (H) e não pode apresentar a média dos valores de absorção de água maior do que 20% nem valores individuais superiores a 22%, com idade mínima de sete dias.

Segundo a ABNT NBR 8491, as medidas do tijolo ecológico podem variar desde que a altura (H) do tijolo seja menor que a sua largura (L). Os tijolos que possuam furos, estes devem ter eixo perpendicular à superfície de assentamento, a espessura mínima das paredes (e) no seu entorno deve ser de 25 mm e a distância mínima entre dois furos de 50 mm.

Após o solo passar pelos requisitos que as normas pedem, pode se dar início a produção dos tijolos. De início o solo é peneirado, homogeneizado com o cimento e a cinza de carvão vegetal e então com água, resultando em uma mistura consistente. A mistura de solo e cimento, ainda úmida, é colocada no bocal da prensa e a alavanca é acionada apenas com força manual. Após a prensagem, o tijolo é removido. Após a prensagem, o tijolo está pronto e deve ser empilhado em um local protegido assim que for retirado da forma, para evitar danos decorrentes de movimentações excessivas enquanto ainda está úmido. Para otimizar o processo de cura dos tijolos, foi utilizado um pulverizador de água, que foi aplicada sobre os tijolos uma vez ao dia nos sete primeiros dias, mantendo-os constantemente umedecidos.

Os tijolos de solo-cimento têm entre suas vantagens a matéria-prima abundante, que proporciona conforto térmico e acústico (MOTTA et al., 2013 apud PISANI, 2005), o encaixe simples que reduz o uso de argamassa, a facilidade na instalação de infraestruturas, acabamento dispensando revestimento, e economia significativa em cimento e madeira.

Na construção civil, estudos demonstram que os rejeitos de carvão vegetal (RCV) podem substituir de 10% a 30% da areia fina em argamassas, mantendo boa resistência mecânica aos

28 dias (REIS, 2019). Com base nisso, o presente trabalho propõe a utilização de cinzas de carvão vegetal como aditivo em tijolos solo-cimento, substituindo parte do cimento na mistura.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO (FONTE 14)

Após 28 dias da moldagem dos tijolos, foram realizados testes de resistência a compressão nos mesmos no dia 24/09 (quarta-feira), com eles apresentando os resultados demonstrados abaixo na tabela 1.

Tabela 1 - Resultados teste de resistência em 28 dias (MPa)

Traços	1	2	3	4	Média
0,00%	1,12	2,13	1,34	1,11	1,42
2,50%	0,71	0,66	1,21	0,91	0,87
5,00%	1,30	0,72	1,57	1,22	1,20
7,50%	0,81	0,99	1,20	0,89	0,97

Com os resultados apresentados na tabela 1 consegue se observar que os tijolos produzidos não atingiram a resistência mínima determinada por norma que seria de 2 Mpa, isso se dando pelas características do solo utilizado, que eram desfavoráveis para a execução de tijolos de solo-cimento por não terem atingido as exigências mínimas requisitadas pela norma de limite de plasticidade, liquidez e granulometria.

Em relação ao agregado se nota uma similaridade ao trabalho de Tokarski (2022) onde os corpos de prova com aditivos de 5% de cinza de carvão apresentaram os melhores resultados entre aqueles com adição do material, porém de acordo com os resultados é possível observar que o rendimento quando se trata de resistência nos tijolos diminuiu.

Referente ao teste de absorção de água os resultados são demonstrados na tabela 2 abaixo:

Tabela 2 - Resultados teste de absorção

Traços	1	2	Média
0,00%	18,92	20,66	19,79
2,50%	20,36	20,18	20,27

5,00%	22,01	20,56	21,29
7,50%	22,27	20,83	21,55

Os resultados obtidos demonstram um padrão onde conforme a quantidade de aditivo aumenta a quantidade de água absorvida aumenta em conjunto, demonstrando uma maior capacidade do tijolo de absorver água conforme uma maior quantidade de aditivo é adicionada, mostrando assim que o aditivo tem uma capacidade de absorção maior do que a do cimento que foi retirado, fazendo com que, quanto maior a quantidade de aditivo mais o tijolo se torna suscetível a intempéries em lugares de alta umidade.

4 CONCLUSÃO

Com os resultados demonstrados acima, podemos tirar de conclusão que devido ao solo utilizado não atender as especificações mínimas ditas pela NBR 10833 os corpos de prova não atingiram a resistência mínima requisitada por norma, e quanto ao aditivo adicionado observamos que a quantidade de aditivo que trouxe o melhor resultado foi a de 5%, mas não trouxe um melhor resultado comparado ao corpo de prova de referência, e nenhum dos traços trouxe uma melhora quanto a absorção de água do tijolo, onde para possíveis futuros testes seria de grande interesse testar os mesmos traços utilizados nesse trabalho porém com um solo que atende as características mínimas requeridas pela NBR. Com os resultados apresentados vimos aqui agradecer a Universidade Santa Cecília, como também ao nosso orientador Paulo Eduardo de Oliveira Andrade, e ao nosso coorientador Pedro Andrade, que a ajuda foi de grande valia na fase prática do trabalho.

5 REFERÊNCIAS

ABCP – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND: Manual de aplicação do solo-cimento. São Paulo: ABCP, 1998.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 8491: Tijolo de solo-cimento – Requisitos. Rio de Janeiro: ABNT, 2012.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 8492: Tijolo de solo-cimento – Ensaio de resistência à compressão e absorção de água. Rio de Janeiro: ABNT, 2012.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 10833: Fabricação de tijolos de solo-cimento com prensa manual ou hidráulica – Procedimento. Rio de Janeiro: ABNT, 2012.

BRUNDTLAND, G. H. Our Common Future: Report of the World Commission on Environment and Development. Oslo: United Nations, 1987.

MOTTA, Jessica et al. Tijolo de solo-cimento: Análise das características físicas e viabilidade econômica de técnicas construtivas sustentáveis. e-xacta Editora UniBH, Belo horizonte, v. 7, nº 1, maio 2014, p. 13-26.

REIS, Marielza Corrêa dos et al: Incorporação de resíduos de carvão vegetal em compósitos à base cimentícia. Encontro Latino-Americano e Europeu sobre Edificações e Comunidades Sustentáveis, p. 222-232, 2019.

TOKARSKI, A: Uso de cinzas de carvão vegetal na produção de blocos solo-cimento. Revista de Engenharia e Tecnologia, 2022.