



Uso de resíduos na fabricação de tijolos sustentáveis

Marcos Roberto Benso¹, Arci Dirceu Wastowski², Daniele Kunde³, Genesio Mario da Rosa⁴, Cibele Zeni⁵

¹Universidade Federal de Santa Maria (marcosbenso@hotmail.com)

² Universidade Federal de Santa Maria (wastowski@ufsm.br)

³ Universidade Federal de Santa Maria (danii_kunde@hotmail.com)

⁴ Universidade Federal de Santa Maria (genesiomario@yahoo.com.br)

⁵ Universidade Federal de Santa Maria (cibelezeni@hotmail.com)

Resumo

O uso e aprimoramento de tecnologias que visam à eficiência dos processos de exploração ambiental são importantes para alcançar uma economia sustentável. Esse artigo mostra os resultados de testes de tijolos feitos de resíduos. Os resíduos utilizados foram pó de rocha de quartzito e basalto (da extração de ametista), cinza da queima da madeira e solo. Foram confeccionados sete tipos de tijolos, T1, T2, T3, T4, T5, T6 e T7 e aplicados testes físicos e de resistência química para verificar se o solo utilizado na técnica solo-cimento pode ser substituído por resíduos sem que se modifiquem as suas propriedades. Também foi determinada a concentração de elementos químicos via EDXRF nos materiais e nos tijolos, para examinar se fabricar os tijolos pode resolver a questão de passivos ambientais com potencial de contaminação. Os testes químicos mostraram que os tijolos feitos com resíduos são mais resistentes do que o feito com a técnica tradicional. A massa específica aparente seca do tijolo T6 (feito de cinza) apresentou diferença entre os demais. Os valores de Cr e Cu encontrados em alguns materiais utilizados não foram encontrados nos tijolos.

Palavras-chave: solo-cimento, ensaios químicos, metais pesados

Área Temática: Resíduos Sólidos

Use of wastes in sustainable bricks production

Abstract

The use and improvement of technologies that aim the efficiency of environmental exploration processes are an important to get a sustainable economy. This paper show the results of tests of bricks made with residues. The residues used were powdered rock quartzite and basalt (extraction amethyst), ash from wood burning and soil. It were made seven types of bricks, T1, T2, T3, T4, T5, T6 e T7 and applied physical and chemical resistance testes to verify is the soil used in the soil-cement technique can be substituted by residues without its properties being modifies. Also was determined the concentration of chemical elements by EDXRF in materials and the bricks to verify if the fabrication of bricks can solve the problem of environmental passives with contamination potential. The chemical test showed that the bricks made with residues are more resistant that the one made with the traditional technique. The apparent specific mass of the brick T6 (made of ash) showed difference between the others. The values of Cr and Cu found in some materials used were not finding in the bricks.



Key words: soil-cement, chemical tests, heavy metals

Theme Area: Solid Waste

1 Introdução

A exploração dos recursos ambientais é um empreendimento feito pela humanidade que permitiu que se construísse a sociedade complexa, tecnológica e interdependente que conhecemos. Contudo, tal exploração gera muitos danos ambientais, os quais podem ser citados: geração de resíduos sólidos, poluição das águas, solo e ar, dentre outros.

Para que se possa atingir um modelo de desenvolvimento sustentável, que busca o equilíbrio entre produção de riquezas e preservação ambiental, a criação e aperfeiçoamento de tecnologias “limpas” permite fazer o uso consciente e eficiente dos recursos ambientais.

A mistura de solo e cimento para a fabricação de tijolos é uma tecnologia que vem ganhando espaço na construção civil e se adéqua no eixo economicamente viável, tecnicamente possível e ambientalmente apropriado. A técnica de solo-cimento consiste na mistura íntima entre solo, cimento Portland e água. Esta mistura gera a estabilização reorientando as partículas sólidas do solo com a reação das substâncias cimentares, dessa forma alterando as propriedades físicas do solo para um novo tipo de agregado (MERCADO, 1990).

Este tipo de produto possui vantagens que o tornam muito competitivo no mercado, pelas quais se podem citar as duas mais relevantes: primeiro pode ser fabricado com uma prensa manual, considerando ainda de que ele não precisa de aquecimento, apenas ficar curando e segundo por permitir a adição de resíduos na sua fabricação (GRANDE, 2003).

O segundo aspecto, retrocitado, é possível, pois existem materiais que são pozolanas que são materiais que possuem algumas características químicas, tal como concentração de dióxido de silício (SiO_2) que aumentam a qualidade do agregado, assim formando um material mais resistente (VASCONCELOS, 2010).

Este artigo mostra os resultados da avaliação de tijolos feitos de resíduos. Foram conduzidos testes físicos e químicos em tijolos fabricados com base em resíduos provindo da extração de minerais, sendo pó de rocha basáltica proveniente da extração de ametista, cinzas de madeira utilizada no aquecimento de caldeiras e pó de quartzito, e dessa forma avaliar a sua qualidade comparada com o tijolo de solo-cimento padrão.

2 Metodologia

2.1 Fabricação dos tijolos

Foram feitos para este trabalho sete tijolos de diferentes materiais. Sendo os tipos de tijolos e suas respectivas dosagens apresentados na tabela 1. Cada componente utilizado na fabricação foi caracterizado quimicamente com a técnica dos Parâmetros Fundamentais de Wastowski *et al* (2012) via Espectrometria de Fluorescência de Energia Dispersiva por Raios-X (EDXRF).

Tabela 1 – Proporção em que os tijolos foram fabricados

Tratamento	Material utilizado/ Proporção	Cimento	Areia	Cal Hidratada	Ametista
T1	Solo/5	1	1,5 a 2	-	-
T2	Ametista/5	1	-	1	-



T3	Ametista/5	1	-	1	-
T4	Cinza/6	1	-	-	1
T5	Cinza/5	1	-	-	2
T6	Cinza/6	1	-	-	-
T7	Quartzito/5	1	1	-	-

2.2 Testes aplicados

Primeiramente cada tijolo foi cortado em corpos menores na proporção de 5x5x2 cm, lavado com água destilada e após seco em estufa por 24 horas a temperatura aproximada de 105 °C. Cada técnica foi realizada em triplicata.

A caracterização química dos tijolos foi analisada via EDXRF, com a técnica dos Parâmetros Fundamentais de Wastowski *et al* (2013).

Foram realizados ensaios de ataque químico baseados na NBR 13818/Anexo H de 1997. O processo consistiu em imergir os tijolos em soluções ácidas, básicas e salinas por um determinado tempo, secá-los em estufa por 24 horas a 105 °C e avaliar os resultados. As substâncias utilizadas foram: ácido cítrico ($C_6H_8O_7$) a 0,1 mg L⁻¹ por 24 horas; ácido clorídrico (HCl) a 3% por 96 horas; hidróxido de potássio (KOH) a 0,1 mg L⁻¹ por 96 horas; hipoclorito de sódio (NaClO) a 4% por 24 horas; cloreto de amônia (NH₄Cl) a 0,1 mg L⁻¹ por 24 horas.

Cada corpo foi fotografado antes depois do ensaio para fins de comparação. O quadro 1 apresenta uma proposta de classificação para os ensaios de exposição à umidade, gelo e degelo e ataque químico. Foram apresentadas cinco classes de acordo com o tipo de alteração que os tijolos apresentaram após cada técnica.

Quadro 1 – critérios de avaliação e classes propostas para os tijolos

Classe	Alteração
C1	Pouca alteração
C2	Alteração de cor
C3	Esfacelamento leve com ou sem mudança de cor
C4	Esfacelamento acentuado com ou sem mudança de cor
C5	Fissura

Adicionalmente foram aplicados testes físicos. Sendo eles: determinação do índice de resistência térmica proposto por Sadisun *et al* (2005); Massa específica aparente seca presente na NBR 12766 (ABNT, 1992); congelamento e degelo de acordo com a NBR 12769 (ABNT, 1992) e adaptada por Ribeiro *et al* (2008); exposição à umidade assim como na NBR 8095 (ABNT, 1983) também adaptada por Ribeiro *et al*. (2008).

3 Resultados

Os resultados para os testes de resistência química estão dispostos na Tabela 2. De maneira geral, os tijolos apresentaram resistência semelhante ao tratamento T1. Dentre os sete tratamentos, o T2 e o T3 – ambos feitos a base de pó de rocha de ametista – tiveram destaque em relação aos outros. O tratamento T7 demonstrou maior alteração na presença de soluções básicas. Às soluções ácidas foram as que mais causaram danos, principalmente a de ácido cítrico. Ainda nenhum dos tratamentos mostrou alterações significativas quanto ao congelamento e degelo.



Tabela 2 – Resultados das classes obtidas a partir de alguns testes químicos e físicos

Resíduos	Tratamentos						
	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7
Gelo e degelo	C1	C1	C1	C1	C1	C1	C1
C ₆ H ₈ O ₇	C4	C3	C3	C4	C4	C4	C3
HCl	C3	C2	C2	C2	C2	C3	C2
KOH	C3	C2	C2	C2	C2	C2	C2
NH ₄ Cl	C1	C1	C2	C1	C1	C1	C2
NaClO	C1	C1	C1	C1	C1	C2	C2

O índice de alterabilidade proposto por Sadisun *et al* (2005) foi muito baixo para todos os tijolos sendo que as alterações ficaram entre 0 a 2% de variação de massa antes e depois do processo.

Com os valores para a massa específica aparente seca (tabela 3), pode-se inferir que a substituição por resíduos na fabricação de tijolos não altera significativamente a massa específica aparente seca dos tijolos. Valores semelhantes também foram encontrados por Valenciano e Freire (2004) que testaram tijolos feitos com adição de 20% de bagaço de cana-de-açúcar.

Tabela 3 – Massa específica aparente seca (kg m⁻³) ρ , o desvio padrão σ e variância s de cada tijolo analisado

Parâmetro	Tratamento						
	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7
ρ	1,698	1,634	1,574	1,636	1,764	1,702	1,612
σ	0,004	0,022	0,003	0,004	0,255	0,079	0,228

Os valores de cromo (Cr) e cobre (Cu), na forma de óxido, contidos nos materiais utilizados na fabricação dos tijolos estão na tabela 4. Porém quando foi realizado o mesmo com os tijolos, os valores de Cr e Cu ficaram abaixo do limite de detecção do Espectrômetro de Fluorescência de Energia Dispersiva por Raios-X (EDXRF).

Tabela 4 – Valores de metais pesados determinados via EDRF encontrados nos materiais utilizados para a confecção dos tijolos em kg kg⁻¹

Elementos	Material						
	Cinza	Solo	Solo e areia	Cimento	Quartzito	Cal Hidratado	Areia
Cr ₂ O ₃	296,86	237,13	117,91	159,74	<LD	<LD	<LD
CuO	264,64	650,07	352,27	111,06	170,53	91,45	<LD

4 Conclusões

A substituição do solo pelos resíduos na fabricação dos tijolos não alterou a qualidade dos tijolos. Outro aspecto é que a utilização dos resíduos de basalto e quartzito auxilia na recuperação de áreas degradadas pela mineração.

A utilização dos resíduos aumentou a resistência dos tijolos e adicionalmente reduziu a concentração de Cr e Cu que estavam presentes na cinza, no cimento e no próprio solo, permitindo inferir que esse processo reduza o potencial poluidor dos resíduos.

5 Referências



Determinação de resistência por ataque químico. Rio de Janeiro, 1997.

GRANDE, F. M. **Fabricação de tijolos modulares de solo-cimento por prensagem manual com adição de sílica ativa**. São Carlos: EESC-USP. 165 f. Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil. Universidade de São Paulo, São Carlos, 2003.

MERCADO, M. C. **Solo-cimento**: alguns aspectos referentes à sua produção e utilização em estudo de caso. Dissertação de Mestrado em Arquitetura – Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1990.

SADISUN, A., SHIMADA, H., ICHINOSE, M., MATSUI, K. “*Study on the physical disintegration characteristics of Subang claystone subjected to a modified slaking index test*”. **Geotechnical and Geological Engineering**. v. 23, n. 3, p. 199-218, 2005.

SILVA, M. E. **Avaliação da susceptibilidade de rochas ornamentais e de revestimentos à deterioração**: Um enfoque a partir do estudo em monumentos do barroco mineiro. 120 f. Tese de Doutorado em Geologia Econômica e Aplicada. Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2007.

VASCONCELOS, A. R. B. de; AKASAKI, J. L. “*Análise da durabilidade do concreto de alto desempenho com adição de cinza de casca de arroz e borracha de pneu*”. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 10, n. 1, 2010, p. 77-90.

VALENCIANO, M. Del C.; WESLEY, J. F. “*Características físicas e mecânicas de misturas de solo, cimento e cinzas de bagaço de cana-de-açúcar*”. **Eng. Agrí.**, v. 24, Setembro/Dezembro de 2004, p. 484-492.

WASTOWSKI, A. D. et al. “*Caracterização dos níveis de elementos químicos em solo, submetido a diferentes sistemas de uso e manejo, utilizando espectrometria de fluorescência de raios-X por energia dispersiva (EDXRF)*”. **Quim. Nova**, v. 33, n. 7, Setembro de 2010, p. 1449-1452.