

**INCORPORAÇÃO DE CINZAS DE BAGAÇO DE CANA-DE-AÇÚCAR EM  
TIJOLOS DE SOLO-CIMENTO**

Lucas Freitas do Nascimento Júnior<sup>1</sup>, Raphaela Christina Costa Gomes<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Graduando em Engenharia Agrícola, CNPQ/UEG, Universidade Estadual de Goiás, Campus de Santa Helena de Goiás, Santa Helena de Goiás- GO, lucasfnj@hotmail.com

<sup>2</sup> Docente do curso de Engenharia Agrícola da UEG-UNU Santa Helena de Goiás.

## **RESUMO**

A confecção dos tijolos foi realizada na Unidade Universitária da UEG de Santa Helena de Goiás, para a confecção dos tijolos de solo-cimento foram utilizadas as seguintes combinações: T1 (testemunha) – 0% de cinzas; T2 – 10% de cinzas; T3 – 20% de cinzas; T4 – 30% de cinzas; T5 – 40% de cinzas; T6 – 50% de cinzas. A confecção dos tijolos foi realizada a partir da prensagem da mistura em máquina hidráulica. Após a confecção, os tijolos ficaram à sombra, sem exposição ao vento. Após seis horas de moldagem e por sete dias, os tijolos devem ser mantidos úmidos por meio de regador a fim de garantir a cura necessária. A avaliação do desempenho de tijolos de solo-cimento com a incorporação de diferentes níveis de cinzas de bagaço de cana-de-açúcar em substituição parcial ao cimento CII – 32 (Cimento Portland Comum) não correspondeu as exigências da NBR – 10834, isto ocorreu por influência do solo utilizado onde foi caracterizado como argiloso.

**Palavras-chave:** Sustentabilidade, Homogeneização, Resistência.

## **INTRODUÇÃO**

Desde a época colonial a cana-de-açúcar (*Saccharum spp*) é cultivada no Brasil, atualmente o país é considerado o maior polo sucroalcooleiro do planeta (MAPA, sd.). Os principais produtos obtidos no processamento industrial da cana-de-açúcar é o etanol e o açúcar e tendo como principais subprodutos bagaço da cana, torta de filtro e vinhaça.

O bagaço de cana-de-açúcar é geralmente utilizado como biomassa na produção de energia dentro da própria agroindústria. Cerca de 84% das termoelétricas

**8ª JORNADA ACADÊMICA**  
**24 a 29 de Novembro de 2014**  
**Campus Universitário de Santa Helena de Goiás**

brasileiras utilizam bagaço de cana-de-açúcar no processo de geração de energia (ANEEL, 2008).

As cinzas são um resíduo originado a partir do processo de queima do bagaço de cana-de-açúcar nas termoelétricas. Geralmente as cinzas são utilizadas como adubação orgânica. No entanto, o alto teor de sílica, a baixa porcentagem de nutrientes presentes e a dificuldade de degradação torna esse uso inadequado (CORDEIRO, 2006; LIMA et al., 2009).

Estudos recentes mostram que a utilização de cinza do bagaço de cana-de-açúcar exibe um efeito pozolânico que, quando adicionada ao cimento, melhora o desempenho do material (FAIRBAIRN et al. 2010).

Tijolo ecológico são tijolos de solo estabilizado com aglomerantes minerais, sendo o Cimento Portland Comum (CP II) o aglomerante mais utilizado. Como a cinza de bagaço de cana de açúcar tem uma boa atividade pozolânica pode ser adicionado ao cimento para estar confeccionando o tijolo ecológico com o objetivo de tornar uma prática ainda mais sustentável.

O objetivo do trabalho foi avaliar o desempenho de tijolos de solo-cimento com a incorporação de diferentes níveis de cinzas de bagaço de cana-de-açúcar em substituição parcial ao cimento CII – 32 (Cimento Portland Comum).

## **MATERIAL E MÉTODOS**

A confecção dos tijolos foi realizada na Unidade Universitária da UEG de Santa Helena de Goiás (18°03'S, 050°35'W e 572 m de altitude).

O solo foi adquirido em lojas de materiais de construção e a cinza de cana-de-açúcar (CBCA) adquirida no município de Santa Helena de Goiás – GO, em usinas de produção de açúcar e álcool. O cimento utilizado foi do tipo CII – 32 e os traços variaram de acordo com os tratamentos.

As análises dos solos foram realizadas no laboratório de Mecânica dos Solos e os testes de resistência à compressão, determinação de umidade e peso específico dos tijolos serão realizados no Laboratório de Materiais de Construção e Resistência dos Materiais da Universidade Estadual de Goiás, Unidade de Ciências Exatas e Tecnológicas, localizado no município de Anápolis, Goiás.

**8ª JORNADA ACADÊMICA**  
**24 a 29 de Novembro de 2014**  
**Campus Universitário de Santa Helena de Goiás**

A caracterização do solo foi realizada em conformidade com as Normas Brasileiras pertinentes, descritas a seguir:

- NBR 6457 (1986) - Preparação de amostras de solo e ensaio de caracterização;
- NBR 6508 (1984) - Determinação da massa específica dos grãos;
- NBR 6459 (1984) - Determinação do limite de liquidez;
- NBR 7180 (1984) - Determinação do limite de plasticidade;
- NBR 7181 (1984) - Análise granulométrica de solos;
- NBR 7182 (1986) - Ensaio de compactação.

As características granulométricas das cinzas de cana-de-açúcar (CBCA) determinadas por meio de ensaios de sedimentação, conforme procedimentos indicados pela NBR 7181 (1984), uma vez que o material possui um diâmetro inferior a 0,075 mm.

A mistura dos componentes foi realizada utilizando um misturador elétrico, capacidade de 200L, sendo cimento e cinzas misturados inicialmente até obtenção de uma mistura homogênea, depois adicionou-os ao solo e a água. A proporção do tratamento T1 foi de 4:2:1 (solo, areia e cimento), sendo a partir deste traço a substituição da quantidade de cimento por cinzas de bagaço de cana-de-açúcar, em volume. Para a confecção dos tijolos de solo-cimento foram utilizadas as seguintes combinações:

- T1 (testemunha) – 100% cimento / 0% de cinzas;
- T2 – 90% cimento / 10% de cinzas;
- T3 – 80% cimento / 20% de cinzas;
- T4 – 70% cimento / 30% de cinzas;
- T5 – 60% cimento / 40% de cinzas;
- T6 – 50% cimento / 50% de cinzas.

Procedimentos para a fabricação dos tijolos solo-cimento e cinza do bagaço de cana de açúcar:

- Homogeneização da mistura (solo-cimento e cinzas de acordo com o tratamento);
- Umedecimento da mistura homogeneizada;
- Prensagem da mistura;
- Alojamento dos tijolos na área de cura;
- Submeter os tijolos aos ensaios de absorção e resistência à compressão.

**8ª JORNADA ACADÊMICA**  
**24 a 29 de Novembro de 2014**  
**Campus Universitário de Santa Helena de Goiás**

A confecção dos tijolos foi realizada a partir da prensagem da mistura em máquina hidráulica. Após a confecção, os tijolos ficaram à sombra, sem exposição ao vento. Após seis horas de moldagem e por sete dias, os tijolos devem ser mantidos úmidos por meio de regador a fim de garantir a cura necessária.

Os ensaios para a caracterização dos tijolos seguiram os procedimentos de ensaio de determinação da resistência à compressão e da absorção de água dos tijolos de solo-cimento, com ou sem adição de CBCA, avaliando-os de acordo com as especificações de materiais e métodos das normas ABNT NBR 8492 e NBR 8491. Foram confeccionados 12 tijolos para cada tratamento, sendo 6 para cada análise (absorção e resistência à compressão) aos 28 dias.

Afim de preparar os tijolos para os ensaios de resistência, todos foram capeados com gesso. Após o nivelamento das faces dos tijolos, foram encaminhados à prensa universal para análise de resistência à compressão.



**Figura 1:** Tijolos preparados com capeamento para análise de resistência à compressão.

A resistência à compressão simples foi calculada individualmente para cada tijolo, dividindo-se a carga de ruptura pela área da seção transversal do mesmo.

O ensaio de absorção d'água aplicado aos tijolos foi realizado de acordo com os procedimentos da NBR 8492 (ABNT, 1984). Os tijolos foram levados à estufa, entre 105 °C e 110 °C, até constância de peso, obtendo-se assim a massa do tijolo seco em estufa, em gramas.

Em seguida, os tijolos foram imersos em água durante 24 h. Após este período, os tijolos foram retirados, enxugados superficialmente e novamente pesados, anotando-se sua massa saturada, em gramas. Os valores individuais de absorção d'água, expressos em porcentagem, serão obtidos pela Equação 1 e a absorção média foi determinada pela média aritmética de três repetições.

**8ª JORNADA ACADÊMICA**  
**24 a 29 de Novembro de 2014**  
**Campus Universitário de Santa Helena de Goiás**

$$A = \frac{M_2 - M_1}{M_1} \times 100\% \quad (1)$$

onde:

M1= Massa corpo-de-prova seco em estufa (g);

M2= Massa corpo-de-prova saturado (g);

A= absorção d'água (%).

## **RESULTADOS E DISCUSSÃO**

Na Tabela 1 segue os dados da análise física do solo: limite de liquidez, limites de plasticidade, compactação de Proctor e granulometria.

Tabela 1. Características físicas do solo.

	Parâmetros	Valores (%)
Distribuição Granulométrica	Areia total	11,1
	Argila	22,0
	Silte	66,9
Índices físicos	Limite de Liquidez (LL)	33,5
	Limite de Plasticidade (LP)	42,9
	Índice de Plasticidade (IP)	9,4
Ensaio de compactação normal de Proctor	Umidade ótima (%)	29,8

De acordo com a análise física, o solo pode ser caracterizado como argiloso, não sendo o mais indicado para a confecção dos tijolos. Os mais indicados são aqueles classificados como arenosos, onde ocorre uma maior interação entre solo e o aglomerante, visto que a proporção de solo que compõem os tijolos solo-cimento apresenta cerca de 85% em massa dos materiais (ALEXANDRE et al., 2006). No entanto PISSATO; SOARES (2006) afirmam que para solos classificados como argilosos é necessário a estabilização, onde esse processo se dá na adição de areia e maior porcentagem de aglomerante.

**8ª JORNADA ACADÊMICA**  
**24 a 29 de Novembro de 2014**  
**Campus Universitário de Santa Helena de Goiás**

Os limites de consistência (limite de liquidez e limite de plasticidade) são as variáveis que melhor expressam as condições de trabalhabilidade dos solos, onde os valores elevados podem conduzir a maiores dificuldades na secagem e no destorroamento e também no processo de mistura dos componentes. Foram encontrados valores de limite de liquidez inferior a 45% e índice de plasticidade inferior a 18%, como é recomendado pela norma (PINHEIRO; SOARES, 2010).

A umidade ótima é um parâmetro essencial nos trabalhos realizados com solos, pois propicia melhores condições de trabalhabilidade e máxima compactação do solo, proporcionando valores mais elevados de densidade e uma resistência mais estável, ocasionando uma maior durabilidade. O teor de umidade é tão significativo quanto a porcentagem de cimento, pois exerce forte influência nas características de resistência e de absorção de água (PINHEIRO; SOARES, 2010).

Na Tabela 2 seguem os dados da análise química da cinza de bagaço de cana-de-açúcar (CBCA) utilizada na confecção dos tijolos.

Tabela 2. Resultado da análise química da cinza do bagaço de cana-de-açúcar.

Parâmetros	Valores
Cálcio	17,6 (g Kg <sup>-1</sup> )
Matéria Orgânica	460 (g Kg <sup>-1</sup> )
Material Mineral	440 (g Kg <sup>-1</sup> )
Óxido de Cálcio	2,46 (%)

A composição química das cinzas de bagaço de cana-de-açúcar utilizada apresenta resultados semelhantes aos apresentados por FREITAS (1996) em seu trabalho, onde a presença do cálcio garante o efeito pozolânico.

A temperatura de queima do bagaço de cana-de-açúcar deve manter-se entre 600 e 1000°C para a cinza se apresentar reativa, para obter maior atividade pozolânica não pode ocorrer temperaturas inferiores a 600°C (MANTUANO NETTO, 2006).

Na Tabela 3 segue os dados da análise de determinação de absorção de água e resistência à compressão.

Tabela 3. Valores médios da determinação de absorção de água e resistência à compressão aos 28 dias de idade.

Tratamentos	Seção (cm <sup>2</sup> )	Peso Seco (g)	Peso Úmido (g)	Absorção (%)	Resistência (MPa)
T1	319,8	3153,7	3821,2	21,1	1,9

**8ª JORNADA ACADÊMICA**  
**24 a 29 de Novembro de 2014**  
**Campus Universitário de Santa Helena de Goiás**

T2	318,9	3181,2	3862,5	21,4	1,6
T3	317,6	2982,5	3691,2	23,7	1,4
T4	317,4	3050,0	3733,7	22,4	1,1
T5	317,6	3216,2	3880,0	20,6	0,7
T6	318,2	2970,0	3697,5	24,5	0,5

De acordo com a NBR- 10834 que especifica os valores de absorção limites devem apresentar média menor ou igual a 20% e valores mínimos exigidos de resistência à compressão deve apresentar em média maior ou igual a 2,0 Mpa. Os resultados apresentados na Tabela 3 demonstram

Nenhum dos tratamentos apresentados ficaram de acordo com a NBR – 10834, segundo FREITAS (1996), tijolos confeccionados com solos argilosos são propícios a absorver maior quantidade de água se comparados a tijolos confeccionados com solos arenosos, conseqüentemente apresentam resistência mecânica reduzidas.

## CONCLUSÕES

A avaliação do desempenho de tijolos de solo-cimento com a incorporação de diferentes níveis de cinzas de bagaço de cana-de-açúcar em substituição parcial ao cimento CII – 32 (Cimento Portland Comum) não correspondeu as exigências da NBR – 10834, isto ocorreu por influência do solo utilizado onde foi caracterizado como argiloso.

## AGRADECIMENTOS

Agradecemos ao CNPq pela bolsa de iniciação científica concedida.

## REFERÊNCIAS

ANEEL - Agência Nacional de Energia Elétrica. **Atlas de energia elétrica do Brasil**. 3. ed. Brasília: ANEEL, 2008.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND – ABCP. **Fabricação de tijolos solo-cimento com a utilização de prensas manuais**. ABCP e outros - São Paulo, 1985.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT, Rio de Janeiro. **NBR 5735** – Cimento Portland pozolânico. Rio de Janeiro, 1991. 10 p.

**8ª JORNADA ACADÊMICA**  
**24 a 29 de Novembro de 2014**  
**Campus Universitário de Santa Helena de Goiás**

**NBR 6459** - Solo - Determinação do limite de liquidez. Rio de Janeiro, 1984c. 6 p.

**NBR 6508** - Grãos de solo que passam na peneira de 4,8 mm - Determinação da massa específica. Rio de Janeiro, 1984b. 2 p.

**NBR 7175** – Cal hidratada para argamassas. Rio de Janeiro, 1992a. 5 p.

**NBR 7180**-Solo - Determinação do limite de plasticidade. Rio de Janeiro, 1984d. 3 p.

**NBR 7181** - Solo - Análise granulométrica. Rio de Janeiro, 1984a. 13 p.

**NBR 7182** - Solo - Ensaio de compactação. Rio de Janeiro, 1986b. 10 p.

**NBR 8491** - Tijolo maciço de solo-cimento. Rio de Janeiro, 1984e. 4 p.

**NBR 8492** - Tijolo maciço de solo-cimento - Determinação da resistência à compressão e da absorção d'água. Rio de Janeiro, 1984f. 5 p.

**NBR 10832** - Fabricação de tijolo maciço de solo-cimento com a utilização de prensa manual. Rio de Janeiro, 1989. 3 p.

**CORDEIRO, G. C. Utilização de cinzas ultrafinas do bagaço de cana-de-açúcar e da casca de arroz como aditivos minerais em concreto.** Tese (Doutorado em Ciências em Engenharia Civil). Rio de Janeiro: Universidade Federal do Rio de Janeiro, COPPE, 2006.

ALEXANDRE, J; ALVES, M. G.; LIMA, T. V. Estudo da estabilização de um solo argiloso com adição de cimento. **Revista Vértices**, Campos dos Goytacazes, v. 8, n. 1/3, p. 08-21, 2006.

PISSATO, E.; SOARES, L. Utilização de finos de pedreira em misturas de solo-cimento: correção granulométrica de um solo argiloso. **Revista Exacta**, São Paulo, v.4, n.1, p. 143-148, 2006.

PINHEIRO, R.J. B., SOARES, J. M. D. Utilização de Solos Arenosos para Obtenção de Tijolos de Solo-Cimento. **Revista Cerâmica Industrial**, São Paulo, v.15, n. 6, p. 30-36, 2010.

FREITAS, E.D.G.A. **Obtenção de tijolos de solo-cimento com adição de cinzas de bagaço de cana-de açúcar para uso na construção civil.** 1996. 120 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Faculdade de Engenharia Civil, Universidade Federal Fluminense, Niterói, 1996.

MANTUANO NETTO, R. **Materiais pozolânicos.** 2006. 148 p. Dissertação (Especialização em Construção Civil) - Escola de Engenharia, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2006.