

## Análise das propriedades físicas de tijolo ecológico com incorporação de cinzas de secadores de grãos

### *Physical properties analysis of ecological brick with ashes incorporation of grain dryers*

Julierme Siriano da Silva<sup>1</sup>, Fabiano Fagundes<sup>1</sup>, Liamar Maria dos Anjos<sup>2</sup>, Evandro Schmitt<sup>2</sup>, Bárbara Suelma Souza Costa<sup>2</sup>, Jorge Augusto Figueiras Fagundes<sup>3</sup>

#### RESUMO

A presente pesquisa busca apresentar uma solução alternativa para o descarte de cinzas geradas em secadores de grãos na fabricação de tijolos ecológicos, bem como de analisar o comportamento das propriedades e características. As cinzas foram coletadas dos secadores de grãos situados no município de Gurupi/TO. Verificou-se que o traço com 15% de substituição do cimento apresentou melhora na resistência à compressão simples em relação ao traço convencional. No entanto para porcentagem de 30% teve-se uma queda da resistência em decorrência do aumento da matéria orgânica presente no traço e maior fator água/cimento necessário para garantir homogeneidade e trabalhabilidade. O solo estudado constitui-se de arenoso, apresentando diminuição nos limites de consistência à medida que as cinzas foram incorporadas nas amostras, devido às suas características não-plásticas e não-coesivas.

**Palavras-chave:** Solo-cimento. Resistência à compressão. Resíduos sólidos.

#### ABSTRACT

The present research seeks to present an alternative solution for the discard of ashes generated in grain dryers in the manufacture of ecological bricks, as well as to analyze the behavior of properties and characteristics. The ashes were collected from the grain dryers located in the municipality of Gurupi/TO. It was found that the trace with 15% of cement replacement showed behavior in the simple compressive strength in relation to the conventional trait. However, for a percentage of 30%, there was a decrease in strength which is due to the increase in the organic matter present in the trait and greater water/cement factor needed to ensure homogeneity and workability. The soil studied is sandy, showing a decrease in the limits of consistency as the Ashes were incorporated into the samples, due to their non-plastic and non-cohesive characteristics.

**Keywords:** Soil-cement. Compressive strength. Solid waste.

<sup>1</sup> Engenheiro Civil, Mestre em Engenharia Ambiental, Professor da Universidade de Gurupi.

E-mail: julierme\_piu@uft.edu.br

<sup>1</sup> Engenheiro Civil, Especialista em Segurança do Trabalho, Professor da Universidade de Gurupi.

<sup>2</sup> Engenheira Agrônoma, Doutora em Fitopatologia, Professor a da Universidade de Gurupi.

<sup>2</sup> Engenheiro Civil, Especialista em Segurança do Trabalho, Professor da Universidade de Gurupi.

<sup>2</sup> Gestora Ambiental, Mestre em Ciências Ambientais e Florestais, Pesquisadora da Universidade de Gurupi.

<sup>3</sup> Engenheiro Civil, Bolsista da Universidade de Gurupi.

## 1. INTRODUÇÃO

A construção tornou-se uma das áreas que mais empregam materiais alternativos reaproveitados e reciclados, tantos provenientes dos canteiros de obra, bem como de outras atividades ligadas à engenharia.

Essa preocupação referente ao desenvolvimento sustentável está sendo alavancada pela escassez de matérias primas utilizada ou que geram poluição durante o processo de beneficiamento e extração, além da minimização de custos (SILVA et al., 2018).

Dentre os novos materiais sustentáveis que surgiram na construção civil nos últimos anos, apresentam-se os tijolos ecológicos, que utilizam as cinzas minerais oriundas de diferentes atividades para o desenvolvimento materiais alternativos (SILVA E AGUIAR, 2017).

Na categoria de tijolos ecológicos, o solo-cimento é o mais comum, onde solo é o componente que entra em maior proporção e deve ser escolhido de modo que a quantidade de cimento necessária para sua estabilização, seja a menor possível, reduzindo seu custo final (AMARAL, 2014).

A utilização de cinzas na fabricação de tijolos já é uma tecnologia bastante difundida no Brasil. Há várias pesquisas realizadas, constatando a eficiência destes elementos construtivos, tais como:

- Silva (2011) utilizou cinzas de carvão de termelétricas, resíduo sólido industrial gerado no sul do Brasil: cerca de 4 milhões ton/ano, na fabricação de tijolos ecológicos;
- Montovani (2012) avaliou os efeitos da adição das cinzas geradas pela queima de biomassa florestal, nas propriedades de blocos não estruturais de solo-cimento;
- Mendonça et al. (2012) que utilizaram cinzas de cana-de-açúcar na fabricação de tijolos cimento, que apresentaram melhoras no desempenho, maior durabilidade e menor custo, tornando-se assim uma alternativa ecologicamente correta.

Outras pesquisas também foram elaboradas com foco na utilização de cinzas de cana na fabricação de tijolos, destacam-se: Paula et al. (2012), Correa et al. (2013), e Souza et al. (2014).

Um secador de grãos chega gerar até uma tonelada de cinzas no período de um ano. Esse valor pode variar de acordo com o clima da região. Em locais que apresentam temperaturas mais frias, há necessidade de se queima um maior volume de madeira em

relação a localidades mais quentes para realizar a secagem dos grãos. Períodos mais chuvosos, onde não ocorre a presença de radiação solar, também demanda de uma maior quantidade de lenha a ser queimada.

As cinzas geradas pela queima nos forem dos secadores de grãos são compostas por Sílica, Óxidos e Matéria Orgânica, sendo a primeira e a segunda, responsáveis por aproximadamente 60% e 32% da composição total do material, respectivamente.

Visando promover atividades de preservação e sustentabilidade é de extrema importância que os empreendedores destes setores busquem soluções que venham diminuir os efeitos causados pela queima de biomassa e derivados de madeira. Nesse contexto, a utilização de cinza na fabricação de tijolos se mostra como uma solução interessante e exequível, podendo se despontar como uma alternativa concreta e passível de ser implantada.

Para realizar a industrialização de grãos colhidos, como exemplo a soja ou arroz, é necessário reduzir o teor de umidade que se encontra entre 18 a 25% (MREMA et al., 2011). Para isso, o tratamento pós-colheita, utilizando secadores, se apresenta uma opção para reduzir o teor de umidade ao nível aproximado de 14%, garantindo armazenamento seguro do grão. Normalmente, a quantidade de energia usada para remover a água por evaporação do grão durante a secagem é de 4,5 MJ/kg, enquanto a quantidade de energia necessária para evaporar a água livre é de apenas 2,3 MJ/kg, tornando-se um processo intensivo de geração de calor (KJÆR et al., 2018).

Segundo Khatchatourian et al. (2013), praticamente todos os grãos de soja, colhidos em climas úmidos, devem ser secados termicamente antes do armazenamento. Considerando a quantidade colhida, mesmo pequenas melhorias e acelerações no processo de secagem proporcionarão benefícios econômicos significativos.

Dhanushkodi et al. (2017) explana que além das questões econômicas envolvidas no processo de secagem de grãos, existem preocupações, por conta da indústria de alimentos, com a qualidade do produto e aspectos ambientais.

Esta última vem sendo trabalhada com a busca de fontes de energia renováveis, como energia eólica, energia das ondas, biomassa, energia geotérmica e até energia solar, visando à melhoria na produtividade e diminuição da emissão de gases (SWAIMI et al., 2018).

Ferreira e Lauro (2017) ressaltam que outra preocupação ambiental corresponde à grande variedade de resíduos gerados ao longo do processo produtivo que podem poluir o solo, a água e o ar. Sendo importante a adoção de mecanismos adequados de gestão desses materiais, principalmente, em atendimento à legislação vigente, como exemplo, à Lei nº 12.305/2010 que institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos.

Dentre entre esses resíduos que são gerados no processo de secagem de grãos, entre os principais, apresentam-se as cinzas advindas da queima da madeira ou biomassa que são utilizadas para geração de calor.

O processo de geração de cinzas pela queima da madeira ou biomassa é análogo ao processo de incineração. Nesse sentido, conforme o Sistema FIRJAN (2006) as cinzas devem ter sua composição analisada para que seja determinado o melhor método de disposição, normalmente são utilizados aterros industriais.

Outras opções são a redução, reutilização ou reciclagem. No entanto, a grande maioria das empresas descarta esse material no solo, sem controle adequado. Para Faria et al. (2012) tendo em conta o seu impacto ambiental, essa forma de eliminação está longe de ser a mais adequada.

Nesse contexto, a substituição de parte do cimento por cinzas oriundas da queima de madeira ou biomassa de secadores de grãos pode proporcionar, além da disposição correta do resíduo, uma melhora nas propriedades do tijolo de solo cimento.

Segundo Cacuro e Waldman (2015) as cinzas são compostas principalmente por três tipos de partículas conforme a Tabela 1. Com essa grande quantidade de sílica, as cinzas são alternativas atraentes e viáveis na fabricação de materiais que utilizam cimento em sua composição.

**Tabela 1.** Composição das cinzas em relação à morfologia

Componentes	Formação
Matéria orgânica	Resíduo dos materiais lignocelulósicos, sendo sua quantidade dependente da eficiência do processo de combustão e porcentagem de água na biomassa.
Dióxido de silício (SiO <sub>2</sub> )	Correspondem a cerca de 60 % das cinzas e são derivadas da areia e do quartzo provenientes do solo que se fixam ao material persistindo após a incineração.
Óxidos (K <sub>2</sub> O, MgO, P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> e CaO)	Formados no processo de incineração em espécies de óxidos de diferentes metais, se agregam formando as partículas conhecidas como cenosferas. Representam cerca de 32 % das cinzas.

**Fonte:** Cacuro e Waldman (2015) adaptado pelo autor.

No concreto, a sílica (SiO<sub>2</sub>) pode reagir com a cal hidratada, um dos componentes que constituem o cimento Portland, proporciona a melhoria das características da zona de

transição agregado-matriz, como a redução da quantidade de hidróxido de cálcio (CH) (ROSSIGNOLO, 2007).

Em tijolos, a sílica (SiO<sub>2</sub>) funciona como material de preenchimento e desenvolve a ligação entre partículas de argila adjacentes, compondo uma faixa de 50 a 60% na composição da argila. Valores maiores de sílica (> 60%) não são recomendáveis, pois levam a perda de resistência do tijolo (KASMI et al., 2016).

## 2. MATERIAIS E MÉTODOS

O estudo foi desenvolvido no território do município de Gurupi/TO. Localizado a uma latitude 11°43'45" sul e longitude 49°04'07" oeste. Possui área de 1.836,08 km<sup>2</sup> e população de 84.628 habitantes segundo IBGE (2016), sendo considerado o polo regional de toda a região sul do estado do Tocantins.

O agronegócio é uma tradição regional produzindo de feijão, arroz e, especialmente, soja. No Ranking da Produção de Grãos por Regiões do Tocantins, Gurupi ocupa o segundo lugar (CIANY, 2015).

Foram constatadas seis empresas que trabalham com secagem de grãos no município. Dessas, apenas quatro forneceram dados aproximados da quantidade de madeira consumida pelos fornos dos secadores no ano de 2018. Conforme pode se observar na Tabela 2.

**Tabela 2.** Quantidade de massa queimada x cinza gerada

Empresa	Quantidade	Cinza gerada (10% da massa queimada)
I	300	30
II	825	82,5
III	183	18,3
IV	548	54,8
<b>Total</b>	<b>1856</b>	<b>185,6</b>

Fonte: Adaptado pelo autor (2019).

Paula et al. (2009) observou em estudo realizado com a cinza do bagaço da cana-de-açúcar como material de substituição parcial de cimento Portland, que a quantidade de cinza gerada com a incineração foi de 10% em relação da massa inicial. No entanto, esse valor pode variar de acordo com a intensidade do calor gerado no ato da queima. Considerando, que as empresas não realizam controle de temperatura nas fornalhas dos secadores, decidiu-se utilizar essa margem, que pode ser conferida na terceira coluna da Tabela 2.

Nas visitas de campo, verificou-se que a madeira mais utilizada como massa para queima nas fornalhas é o Eucalipto proveniente de reflorestamento. Conforme a Figura 1.



**Figura 1.** Armazenamento de Eucalipto para queima

A amostra do solo foi coletada em solo de uma jazida próximo à Universidade de Gurupi – UNIRG campus I com os mesmos aspectos dos materiais utilizados pelas fábricas de tijolos ecológicos da região. Foram realizados os ensaios de classificação granulométrica e de teor de umidade.

As cinzas foram coletadas nos secadores de grãos e, posteriormente, misturadas, buscando homogeneizar a amostra. Em seguida passou-se a amostra pela peneira de malha ABNT 4,80 mm (nº 4) no Laboratório de Solos e Geotecnia da UNIRG. Utilizou-se a parcela passante.

O cimento utilizado foi o Cimento Portland CP II E 32, tendo em vista, que se trata do mesmo cimento utilizado nas fábricas de solo-cimento.

O traço utilizado para confecção dos corpos-de-provas dos tijolos de solo-cimento foram 1:12, inicialmente, utilizando como base o adotado nas fabricas locais.

Os demais traços utilizaram a adição de cinza em substituição de uma parcela do cimento na composição do traço de tijolo de solo-cimento. Os percentuais do cimento substituídas foram de 15% e 30%.

O ensaio de resistência à compressão simples é realizado com base na ABNT NBR 10836:2013.

Para a obtenção da resistência à compressão simples dos traços de tijolos ecológicos utilizaram-se corpos-de-prova cilíndricos de 10 cm de altura e 5 cm de diâmetro.

Os materiais (solo e cimento) foram dispostos e misturados em uma caixa de metal com auxílio de uma espátula metálica (colher de pedreiro), adicionou-se água até que o material adquiriu uma homogeneidade. O processo também foi realizado para as misturas com adição de 15 e 30% de cinzas. Esse processo é similar ao utilizado nas fábricas de tijolo solo-cimento.

A mistura foi compactada estaticamente em três camadas no molde metálico. As duas camadas inferiores foram escarificadas para que se integrassem com as camadas superiores. Finalizado a moldagem dos corpos-de-prova, estes foram pesados. Com o peso total, subtraiu-se com o peso dos moldes para verificação do peso das amostras. Para cada traço foram produzidas cinco amostras, totalizando 15 moldes.

Os corpos de prova obtidos foram armazenados na câmara de cura úmida no período de 28 dias sob temperatura de  $25^{\circ} \pm 2$  °C. Em seguida foram rompidos

Após o período de cura, conforme Sacheti et al. (2009), acondicionou-se os corpos-de-prova submersos em um tanque de água com temperatura de  $22 \pm 3^{\circ}$  C pelo período de 24 horas, objetivando-se minimizar a sucção e aproximar a condição de saturação.

Em seguida, os corpos-de-prova foram desmoldados e levados para a realização do ensaio de compressão simples. Utilizou-se uma prensa hidráulica de bancada 10 toneladas, com velocidade de aplicação de carga de 0,5 mm/s do Laboratório de Solos e Geotecnia da Universidade de Gurupi.

Os limites de consistência ou limites de Atterberg do solo permitem estimar a carta de plasticidade do solo definindo o teor de umidade que o solo apresenta alteração nas suas características físicas.

O limite de Liquidez corresponde ao teor de umidade presente no solo que limita o estado de consistência líquido do estado de consistência plástico, onde o solo apresenta uma resistência de cisalhamento de aproximadamente 2,5 kN/m<sup>2</sup>. Pode ser obtido a partir da utilização de um aparelho denominado Casagrande, dispendo o solo com diferentes teores de umidade em uma concha do aparelho e aplicam-se golpes até que a ranhura se feche. Com os dados obtém-se o teor de umidade correspondente ao impacto de 25 golpes.

O Limite de Plasticidade compreende a um teor de umidade mínimo no qual a coesão é pequena para admitir deformação, porém, satisfatoriamente alta para garantir a conservação da forma adquirida. Em laboratório, é obtido determinando-se o teor de

umidade no qual um cilindro de um solo com 3 mm de diâmetro e 10 cm de comprimento apresenta-se o aparecimento fissuras.

A definição do Limite de Liquidez dos solos é determinada conforme a ABNT NBR-6459:1984 e do Limite de Plasticidade a ABNT NBR-7180:1984.

Foram retiradas amostras dos traços compactados para a obtenção dos teores de umidade dos corpos-de-prova, produzidas cinco amostras para cada traço, totalizando 15.

As amostras foram armazenadas em estufa pelo período de 24 horas com a temperatura variando entre  $107,5^{\circ} \pm 2,5^{\circ}\text{C}$ .

O teor de umidade de cada corpo-de-prova moldado foi obtido observando a ABNT NBR 16097:2012 que estabelece os métodos expeditos para determinação do teor de umidade de solo e de misturas de solo-cimento. Conforme a Equação 1:

$$h = \frac{m_u - m_s}{m_s - m} \times 100 \quad \text{Equação 1}$$

Onde:

h - umidade, em %

m - massa do recipiente ou cápsula, em g

mu - massa da cápsula, mais a amostra úmida, em g

ms - massa da cápsula, mais a amostra seca, em g

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### 3.1. ANÁLISE DO SOLO

A análise granulométrica obtida com a execução, primeiramente, do peneiramento grosso, em seguida o peneiramento fino, está apresentada na Figura 2.

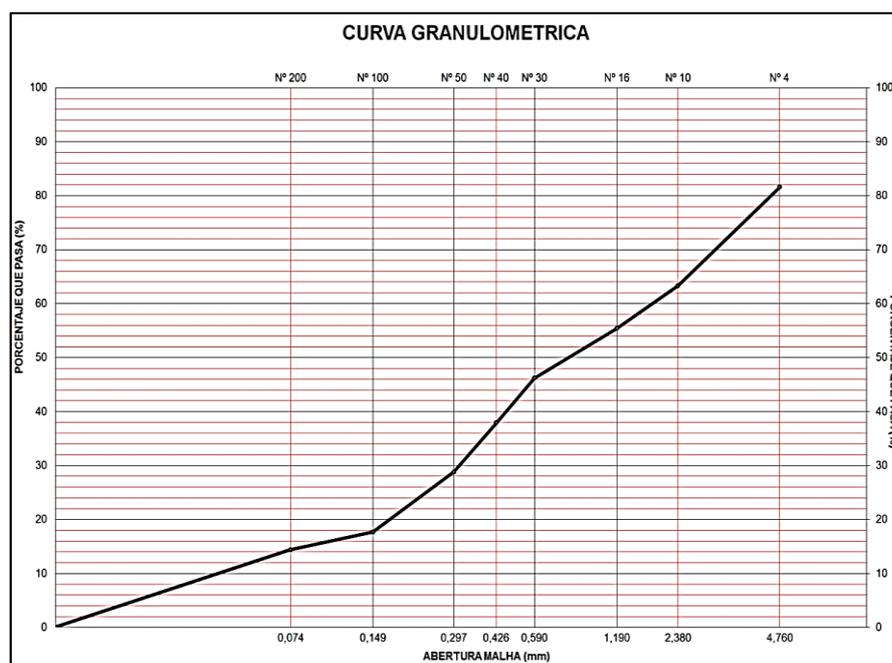


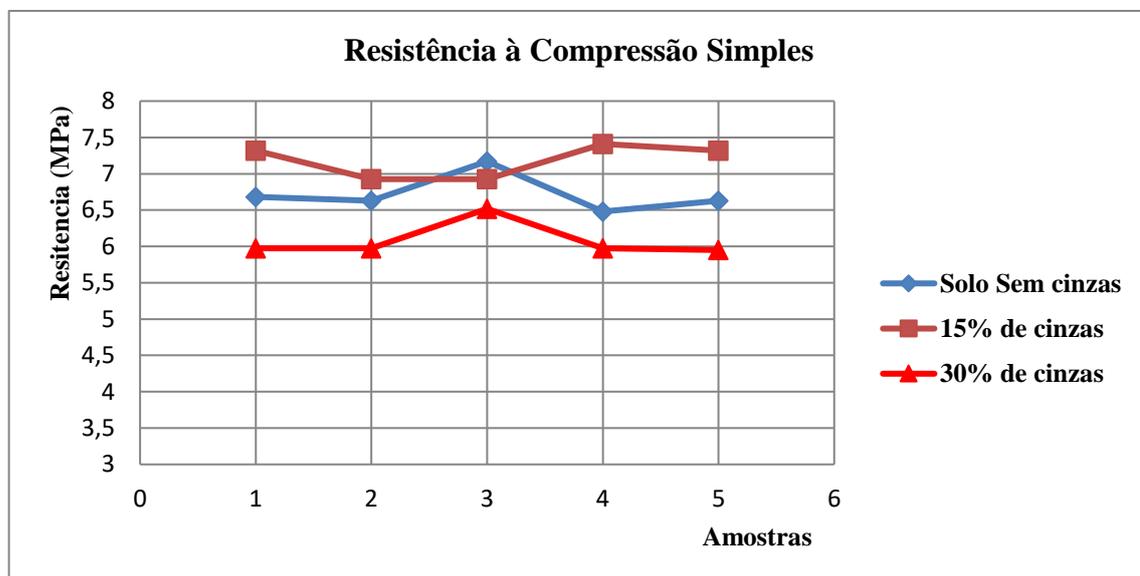
Figura 2. Curva granulométrica do solo coletado

Não foi executado o ensaio de sedimentação, tendo em vista que a ABNT NBR 10833:2012, que estabelece critérios para fabricação de tijolos blocos de solo-cimento com utilização de prensa manual ou hidráulica, determina que os solos devem ter de 10 a 50% passante na peneira ABNT 0,075 mm (nº 200) e ser 100% passante na peneira ABNT 4,8 mm (nº 4).

O solo configura-se como arenoso com porcentagem de finos. Logo, é um solo ideal para a fabricação de tijolo de solo-cimento, tendo em vista que possui ângulo de atrito (devido areia) que proporciona estabilidade, e coesão (devido solos finos).

### 3.2. RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO SIMPLES

A ABNT 10836:2013 estabelece que a Resistência à Compressão Simples mínima que o corpo de prova deve apresentar é de 2 MPa. Os valores de resistência dos corpos-de-prova com solo sem cinzas e com substituição de 15% apresentaram-se maiores que o de 30% devido a uma menor porcentagem de matéria orgânica presente no traço. Conforme pode se observar na Figura 3.



**Figura 3.** Resistência à Compressão dos corpos-de-prova

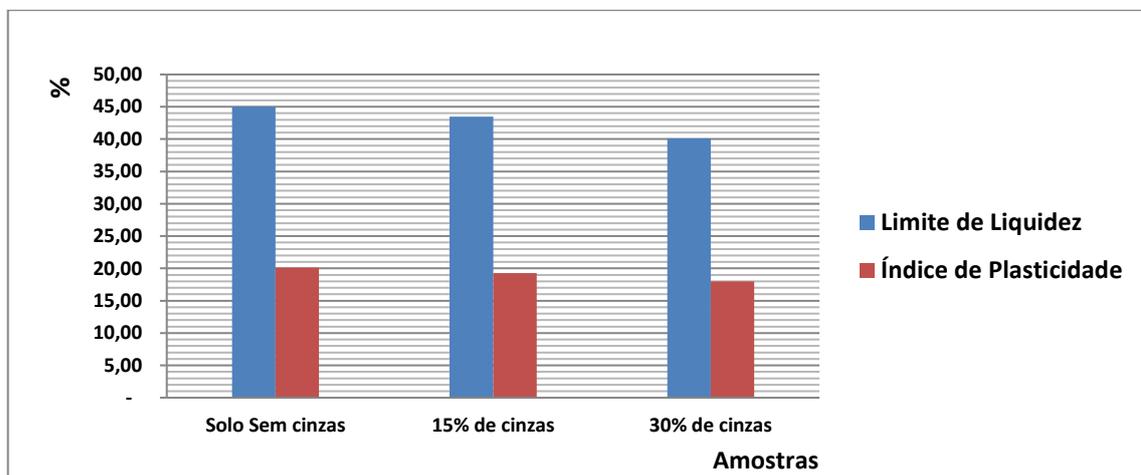
Os corpos-de-prova com substituição de 15% do cimento apresentaram uma leve melhora, que pode ser ocasionada devido à presença da sílica na composição das cinzas que promoveu a diminuição do índice de vazios.

Para o traço com 30% ocorreu uma queda na resistência à compressão. Segundo Faria et al. (2012), a adição de resíduos de cinza em maior quantidade, afeta a resistência à compressão devido à decomposição da matéria orgânica que podem levar a maior porosidade. Já a alta quantidade de sílica pode melhorar a zona de transição entre o solo e o cimento.

### 3.3. LIMITES DE CONSISTÊNCIA

Os limites de consistência são a descrição da relação entre as partículas de solo na presença da água, sendo regidos pela composição mineralógica e teor de argila do solo (BENSON & TRAST, 1995).

A Figura 4 apresenta os limites de consistência do solo, tanto no traço convencional, como com adições de cinzas em 15 e 30%. Os resultados indicaram que os valores de limite de liquidez e índice de plasticidade diminuíram com adição de cinzas. Segundo Chao-Lung et al. (2015) essa diminuição pode ocorrer devido ao fato das cinzas serem consideradas materiais não-plásticos e não-coesivos, o que confirma a tendência decrescente do índice de plasticidade das misturas.



**Figura 4.** Efeito das cinzas nos Limites de consistência

### 3.4. TEOR DE UMIDADE

Conforme a Tabela 3, pode se observar que à medida que os traços com cinzas necessitaram de uma quantidade maior de água para adquirir homogeneidade e maior trabalhabilidade.

A Tabela 3 apresenta os valores de umidade apresentadas nas amostras ensaiadas no Laboratório de Solos e Geotecnia da Universidade de Gurupi.

**Tabela 3.** Umidade dos traços

Traço	Peso úmido (g)	Peso seco (g)	Umidade (%)	Média	Fator Água/Cimento
Solo Sem cinzas	57,5	55,2	4,17	4,43	0,58
	52,5	50,7	3,55		
	47,5	45,5	4,40		
	50	47,5	5,26		
	52,5	50,1	4,79		
15% de cinzas	61,2	57,5	6,43	5,95	0,77
	58,65	55,2	6,25		
	59,8	56,5	5,84		
	68,85	64,9	6,09		
	61,2	58,2	5,15		
30% de cinzas	58,9	54,1	8,87	7,87	1,02
	57,95	53,4	8,52		
	51,85	48	8,02		
	57	53,1	7,34		
	54,9	51,5	6,60		

Fonte: Autor (2019).

Com o aumento do fator água/cimento na composição do traço com adição de 30% de cinzas, pode se observar que interferiu na resistência da amostra. Tendo em vista que há um aumento da porosidade da amostra à medida que ocorre um aumento da quantidade de água nos poros do traço. Por outro lado, o fator de água/cimento de 0,77 se mostrou mais vantajoso para o traço com adição de 30% de cinzas, pois promoveu um aumento da resistência da amostra, conforme a Figura 3.

#### 4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir da análise dos resultados em torno das variáveis estudadas (granulometria do solo, resistência à compressão simples, limites de consistência e teor de umidade) com a adição de cinzas provenientes de secadores de grãos em misturas de traços de solo-cimento para a fabricação de um tijolo ecológico, ficou estabelecido que:

O solo configura-se como solo arenoso com porcentagem de finos, atendendo a determinação da ABNT NBR 10833:2012, que estabelece que os solos devem possuir de 10 a 50% passante na peneira ABNT 0,075 mm (nº 200) e ser 100% passante na peneira ABNT 4,8 mm (nº 4).

Os ensaios de Resistências à Compressão Simples dos corpos-de-prova apresentaram resistência superior 2 MPa, atendendo a ABNT 10836:2013. Os corpos-de-prova com substituição de 15% apresentaram-se aumento de resistência em relação ao traço convencional, no entanto, os com 30% apresentaram uma queda devido a uma maior porcentagem de matéria orgânica presente no traço.

Os limites de consistência das amostras com adição de cinzas apresentaram queda em relação ao traço convencional, devido ao fato das cinzas serem consideradas materiais não-plásticos e não-coesivos.

Os traços com adição de cinzas necessitaram de maior quantidade de água para apresentarem homogeneidade e trabalhabilidade, resultando no aumento do fator água/cimento e aumento da porosidade da amostra.

## REFERÊNCIAS

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR-6459/ABNT - Determinação do Limite de Liquidez de Solos.** Rio de Janeiro, RJ: ABNT, 1984.

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR-7180/ABNT - Determinação do Limite de Plasticidade de Solos.** Rio de Janeiro, RJ: ABNT, 1984.

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7181/84: Solo: análise granulométrica conjunta.** Rio de Janeiro, RJ: ABNT, 1984.

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10833 - Fabricação de tijolo e bloco de solo-cimento com utilização de prensa manual ou hidráulica — Procedimento.** Rio de Janeiro, RJ: ABNT, 2012.

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 16097: solo – determinação do teor de umidade – métodos expeditos de ensaio.** Rio de Janeiro, RJ: ABNT, 2012.

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. Campos dos Goytacazes. Mestrado em Engenharia e Ciência dos Materiais – RJ. Fevereiro – 2014.

AULA, M. O.; TINÔCO, I. F. F.; RODRÍGUES, C. S.; SILVA, E. N.; SOUZA, C. F. **Potential of sugarcane bagasse ash as a partial replacement material for Portland**

**cement.** Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental. v.13, n.3, 2009, p.353–357.

BRASIL. **Política Nacional de Resíduos Sólidos. Lei no 12.305**, de 2 de agosto de 2010. Presidência da República, Departamento da Casa Civil. Brasília, 2010.

CACURO, T. A.; WALDMAN, W. R. **Cinzas da Queima de Biomassa: Aplicações e Potencialidades.** Revista Virtual de Química 2015, 7, 2154. [CrossRef]

CHAO-LUNG, H.; TRONG-PHUOC, H.; HOLANDA, J. N. F. **Investigation into the use of unground rice husk ash to produce eco-friendly construction bricks.** Construction and Building Materials. Volume 93, 2015, pp. 335-341

CIANY, D. **Agronegócio impulsiona a economia de Gurupi - Jornal do Tocantins**, Palmas – TO, 14 de Nov. 2015.

CORREA, J. C. C.; FERREIRA, F. F.; MELO, R. C. **Tijolos ecológicos de bagaço de cana-de-açúcar.** Revista EPeQ/Fafibe on-line, 5ª edição, 2013

DHANUSHKODI, S.; WILSON, VINCENT H.; SUDHAKAR, K. **Mathematical modeling of drying behavior of cashew in a solar biomass hybrid dryer.** Resource-Efficient Technologies. Volume 3, Issue 4, December 2017, Pages 359-364.

FARIA, K. C. P.; GURGEL, R. F.; HOLANDA, J. N. F. **Recycling of sugarcane bagasse ash waste in the production of clay bricks.** J Journal of Environmental Management, Volume 101, 2012, pp. 7-12

FERREIRA, M. S.; LAURO, C. S. **Levantamento dos resíduos sólidos gerados em uma unidade de armazenamento de grãos no município de Montividiu – GO.** Artigo apresentado à Faculdade de Engenharia Ambiental. Faculdade de Engenharia Ambiental, Universidade de Rio Verde, 2015.

KAZMI, S. M. S.; ABBAS, S.; SALEEM, M. A.; MUNIR, M. J.; KHITAB, A. **Manufacturing of sustainable clay bricks: Utilization of waste sugarcane bagasse and rice husk ashes.** Construction and Building Materials. Volume 120, 1 September 2016, Pages 29-41

KHATCHATOURIAN, O.A.; VIELMO, H.A.; BORTOLAIA, L.A. **Modelling and simulation of cross flow grain dryers.** Biosystems Engineering. Volume 116, Issue 4, December 2013, Pages 335-345

KJÆR, L. S.; POULSEN, M.; SØRENSEN, K.; CONDRA, T. **Modelling of hot air chamber designs of a continuous flow grain dryer.** Engineering Science and Technology, an International Journal. Volume 21, Issue 5, October 2018. Pages 1047-1055

MENDONÇA, S. F., TENÓRIO, T. M., MARQUES, S. K. **Estudo da incorporação de cinzas do bagaço de cana-de-açúcar em formulações para fabricação de tijolos solo-cimento.** VII CONNEPI, pp. 1-72012, outubro de 2012.

MONTOVANI, A. T. **Utilização de cinzas de biomassa florestal na fabricação de tijolos ecológicos.** Curso de Ciências Rurais. Universidade Federal de Santa Catarina. Campus Universitário de Curitiba. Projetos Em Ciências Rurais. Curitiba, 2012.

novembro de 2012.

MREMA, G.C.; GUMBE, L.O.; CHEPETE, H.J.; AGULLO, J.O. **Rural structures in the tropics – design and development**. The Technical Centre for Agricultural and Rural Cooperation, 2011, ISBN: 978-92-5-107047-5.

PAULA, M. O.; TINOCO, 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.

PETERSON, M.; NANDIB, V. S.; ZACCARON, A.; PEREIRA, S. I., FERNANDES, P.; **Estudo da incorporação de cinza proveniente da queima de lenha de eucalipto na formulação de massa de uma indústria cerâmica estrutural do sul - catarinense**. Revista da Unifebe nº 15. 2016.

ROSSIGNOLO, J.A. **Avaliação da zona de transição interfacial pasta-agregado leve em concretos com sílica ativa e látex SBR**. Matéria (Rio J.), 2007, vol.12, no.3, p.532-540. ISSN 1517-7076

SACHETTI, A. S.; CORTE, M. B.; RABASSA, C. M; FESTUGATO, L.; CONSOLI, N. C. **Resistência à compressão simples de um solo artificialmente cimentado reforçado com fibras de vidro**. Salão de Iniciação Científica (21. : 2009 out. 19-23 : Porto Alegre, RS). Livro de resumos. Porto Alegre : UFRGS, 2009.

SILVA, D.; AGUIAR, M. B. **A utilização da casca da banana como substituição de parte do cimento na produção de tijolos ecológicos: a busca por alternativas sustentáveis**. Percurso Acadêmico, Belo Horizonte, v. 7, n. 13, Jan./Jun. 2017.

SILVA, L. O.; SANTOS, G. N.; SAVARIS, W. K. **Tijolo solo-cimento: fabricação e utilização em construções que visam o equilíbrio ambiental**. Rev. Conexão Eletrônica – Três Lagoas, MS - Volume 15 – Número 1 – Ano 2018.

SILVA, M. V. **Desenvolvimento de tijolos com incorporação de cinzas de carvão e lodo provenientes de estação de tratamento de água**. Autarquia Associada À Universidade De São Paulo. São Paulo. 2011.

SISTEMA FIRJAN. **Manual de Gerenciamento de Resíduos: Guia de procedimento passo a passo**. Rio de Janeiro: GMA, 2006.

SOUZA, A. H. C.; FERRARI, V. J.; REZENDE, M. K. A.; LORENZONI, M. Z.; SERON, C. C. **Fabricação de tijolos de solo-cimento com adição de cinza proveniente do bagaço da cana-de-açúcar**. XLIII Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola – CONBEA. Campo Grande- MS, Brasil. 2014.

SWAMI, V. M.; AUTEER, A. T.; R, A. T. **Experimental analysis of solar fish dryer using phase change material**. Journal of Energy Storage. Volume 20, December 2018, Pages 310-315.

TRAST, J. M.; BENSON, C. H. **Estimating field hydraulic conductivity of compacted clay**: Journal of Geotechnical Engineering - ASCE, 121(10), 1995, pp 736–739