

REUTILIZAÇÃO DA CINZA DO BAGAÇO DA CANA-DE-AÇÚCAR NA CONFECÇÃO DE CONCRETO: UMA REVISÃO NARRATIVA

Diego Lima de Oliveira Maciel¹

Jéssica Santos da Silva²

João Carlos Ribeiro Omena³

Jonas Rafael Duarte Cavalcante⁴

Engenharia Civil



ISSN IMPRESSO 1980-1777

ISSN ELETRÔNICO 2316-3135

RESUMO

O artigo em questão trata-se de uma revisão de literatura realizada por meio de pesquisas on-line em busca de trabalhos acadêmicos que tenham como objetivo explicar a utilização da cinza do bagaço da cana-de-açúcar (CBC) na confecção do concreto. Uma vez que, o concreto é um dos materiais mais utilizados na construção civil e assim como qualquer outra tecnologia construtiva, ele é encontrado em constante evolução, sendo desenvolvido vários tipos de misturas e substituições na sua composição, visando melhorar algumas características mecânicas, como a resistência à compressão, para atender as necessidades do mercado e torná-lo o mais sustentável possível. Portanto, o objetivo é demonstrar os resultados obtidos em experimentos desse segmento e apresentar as possíveis reutilizações da CBC, produzida em grande quantidade em território brasileiro, visto que, a substituição em porcentagem adequada e em condições específicas pode trazer um ganho na resistência à compressão do material e ao mesmo tempo possibilita uma diminuição no consumo de materiais, alguns deles naturais, durante o processo de fabricação do concreto, trazendo assim, benefícios ambientais tão necessários nos tempos atuais.

PALAVRAS-CHAVE

Tecnologia Construtiva. Composição. Sustentabilidade. Resistência à Compressão.

ABSTRACT

The article in question is a literature review carried out through online searches in search of academic works that aim to explain the use of ash from sugarcane bagasse (CBC) in the making of the concrete. Since, concrete is one of the most used materials in civil construction and just like any other construction technology, it is found in constant evolution, being developed several types of mixtures and substitutions in its composition, aiming to improve some mechanical characteristics, such as compressive strength, to meet the needs the market and make it as sustainable as possible. Therefore, the objective is to demonstrate the results obtained in experiments in this segment, and to present the possible reuse of CBC, produced in large quantities in Brazilian territory, since replacement in an adequate percentage and under specific conditions can bring a gain in compressive strength of the material and at the same time enables a reduction in the consumption of materials, some of them natural, during the concrete manufacturing process, thus bringing, environmental benefits so necessary in modern times. **KEYWORDS:** Torsion of circular bars; Multimedia feature; Exercise Resolution Worksheet.

KEYWORDS

Constructive technology. Composition. Sustainability. Compressive strength

1 INTRODUÇÃO

O concreto é o material mais utilizado na construção civil. Em vista disso, são desenvolvidos vários tipos de misturas e substituições em sua composição, visando melhorar suas características. Nesse sentido, busca-se utilizar materiais em abundância e/ou de fácil acesso para produção do concreto, na tentativa de redução dos custos, além de investigar materiais que utilizados possam aumentar a sua resistência à compressão.

Segundo Nascimento (2016), muitas vezes, resíduos não urbanos ou potencialmente recicláveis ocupam espaço nos aterros, diminuindo sua capacidade em longo prazo. Além disso, muitas vezes resíduos agroindustriais são dispostos ao ar livre sem nenhum tratamento adequado.

A possibilidade de se adicionar materiais silicosos ou alumino-silicosos, oriundos de resíduos industriais e agroindustriais, ao cimento Portland, substituindo o clínquer por materiais alternativos, é de suma importância para diminuir o impacto ambiental causado por esses resíduos se fossem eliminados no meio ambiente. Portanto, essa adição surge como alternativa para se diminuir a produção de resíduos que seriam liberados no meio ambiente (CASTALDELLI *et al.*, 2010 apud FERNANDES, 2014).

A cana-de-açúcar é um material encontrado em abundância, uma vez que, o Brasil é responsável pela produção de cerca de 60% do álcool etílico consumido no planeta e é o maior produtor mundial de cana-de-açúcar e açúcar. Produzida em

grande quantidade, a cana-de-açúcar é muito utilizada em forma de alimento, combustível e outras finalidades. Porém, no final do processo resta o bagaço da cana, que muitas vezes é descartado de forma inadequada. Segundo Cordeiro (2006), para cada tonelada de cana-de-açúcar que alimenta o processo de moagem são gerados aproximadamente 26% de bagaço.

Neste contexto, as cinzas do bagaço da cana-de-açúcar (CBC) são materiais com elevado potencial para serem utilizadas na fabricação do concreto. Essas cinzas são provenientes da queima do bagaço da cana-de-açúcar para a geração de energia em usinas de açúcar e álcool (FERNANDES, 2014).

Quando adicionadas ao concreto, notam-se resultados satisfatórios em relação ao aumento de resistência mecânica final do material (LIMA *et al.*, 2010; ALMEIDA, 2013; SAMPAIO, 2013).

A CBC é composta predominantemente por sílica, um composto químico que, dependendo das suas características pode ter potencial pozolânico que diminui a permeabilidade e aumenta a durabilidade do concreto. Por este motivo, a CBC torna-se um material com grande potencial para ser utilizada na confecção de concreto, substituindo parte do cimento Portland ou agregados (FERNANDES, 2014).

Diante do exposto, tem-se o estudo sobre a adição de CBC na composição do concreto, buscando resultados satisfatórios quanto a sua resistência à compressão, diminuindo o consumo de alguns materiais durante o seu preparo.

2 METODOLOGIA

Trata-se de uma revisão de literatura narrativa baseada em consulta às bases de dados de acesso via internet. O levantamento bibliográfico ocorreu por meio de pesquisas nas seguintes bases: Google Acadêmico, Periódicos CAPES e SciELO.

Em busca dos trabalhos científicos acerca do tema proposto, foram utilizadas as seguintes palavras chaves: Estruturas de concreto, cinza do bagaço da cana-de-açúcar, agregado, uso de resíduos na construção civil e características do concreto. Os *Strings* de busca utilizados para o levantamento bibliográfico foram os seguintes: cinza do bagaço da cana-de-açúcar - agregado - estruturas de concreto / características do concreto - cinza do bagaço da cana-de-açúcar - agregado / cinza do bagaço da cana-de-açúcar - agregado / cinza do bagaço da cana-de-açúcar - estruturas de concreto / características do concreto - cinza do bagaço da cana-de-açúcar / uso de resíduos na construção civil, além de restringir a pesquisa a publicações dos últimos 20 anos.

Após a consulta às bases de dados e aplicação das estratégias de busca, foram selecionados os trabalhos acadêmicos relacionados ao estudo do concreto armado, a utilização de resíduos na construção civil, à análise do comportamento mecânico do concreto após a substituição parcial da areia natural pela CBC, assim como, a análise do comportamento mecânico do concreto após a substituição parcial do cimento Portland por CBC, para análise da viabilidade do uso da CBC na confecção de concreto.

3 RESULTADOS

Lima e outros autores (2010), realizaram ensaio para avaliação da resistência à compressão do concreto, foram feitas três séries, cada uma utilizando diferentes tipos de cimento e substituindo a areia por CBC em proporções de 0%, 30%, 50% e comparando-as. Na Tabela 1 pode-se observar a dosagem utilizada para a confecção dos concretos, onde nota-se que foram elaborados traços diferentes para as amostras e a relação água/cimento variou entre 0,52, 0,53, 0,54 e 0,55.

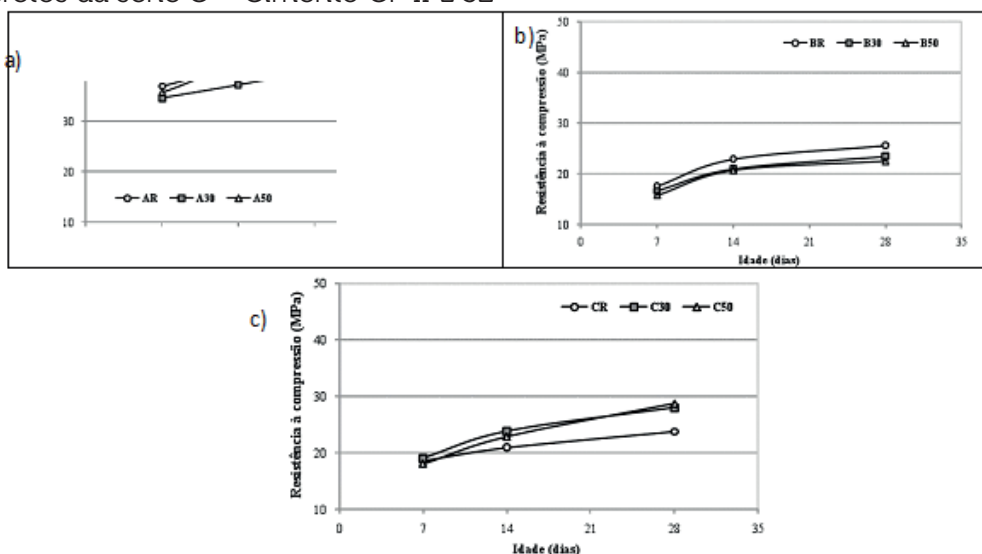
Tabela 1 – Dosagem dos concretos confeccionados com a CBC

Tipo de cimento	Resistência de dosagem MPa (f_{c28})	Concreto	Dosagem para 1m ³ de concreto (kg)					Slump (mm)
			Cimento	Areia	Brita	CBC	Água	
CP V ARI RS	51,60 (C50)	AR		777,75	1143,25	-	221,00	65,00
		A30	425,00	544,43	1143,25	233,33	225,25	65,00
		A50		388,88	1143,25	388,88	229,50	75,00
CP III 40 RS	38,60 (C40)	BR		901,00	1215,50	-	225,25	70,00
		B30	425,00	630,70	1215,50	270,30	229,50	65,00
		B50		450,50	1215,50	450,50	235,88	60,00
CP II E 32	31,60 (C32)	CR		854,25	1215,50	-	221,00	70,00
		C30	425,00	597,98	1215,50	256,28	225,25	80,00
		C50		427,13	1215,50	427,13	229,50	75,00

Fonte: Lima e outros autores (2010).

Os resultados do ensaio de resistência à compressão dos concretos estão apresentados nos Gráficos 1a para a série "A", 1b para a série "B" e 1c para a série "C".

Gráfico 1 – a) Valores médios de resistência à compressão dos concretos da série A – Cimento CP V ARI RS; b) Valores médios de resistência à compressão dos concretos da série B – Cimento CP III 40 RS; c) Valores médios de resistência à compressão dos concretos da série C – Cimento CP II E 32



Fonte: Lima e outros autores (2010).

A série confeccionada com cimento CP II E 32 (GRÁFICO 1c), obteve os melhores resultados individuais de resistência à compressão aos 28 dias, se comparado ao valor da resistência de dosagem, 32 MPa.

Os concretos da série "B", confeccionados com o CP III 40 RS, obtiveram os resultados menos expressivos e não conseguiram ultrapassar o valor de 30 MPa, como mostra no Gráfico 1b, que é apenas 75% da resistência de dosagem inicial.

Logo, os concretos confeccionados com 30% e 50% de CBC e o cimento CII E 32 (série "C") apresentaram os melhores resultados em todas as séries analisadas, destaque para os exemplares do traço C50, que tiveram valor médio 17,20% maior que as amostras de referência.

Almeida (2013) utilizou cimento Portland CP II E 32 e teores de 30% e 50% de areia com cinza do bagaço da cana-de-açúcar (ACBC) em substituição ao agregado miúdo natural (em massa) nas proporções apresentadas na Tabela 2.

Tabela 2 – Relação de materiais (em massa) utilizada para cada traço de concreto

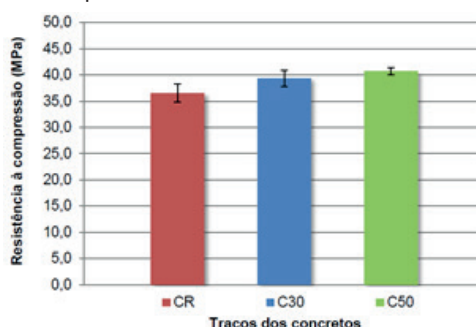
Traço	Teor de ACBC	Cimento	Areia	ACBC	Brita	Água
CR	0%	1,000	2,010	-	2,860	0,52
C30	30%	1,000	1,407	0,603	2,860	0,53
C50	50%	1,000	1,005	1,005	2,860	0,54

Fonte: Almeida (2013).

Essa substituição levou a um aumento de resistência à compressão na ordem de 8% e 11% para os concretos com 30% e 50% de substituição da areia natural, conforme Gráfico 2.

No caso da substituição de 30% notou-se ser possível a aplicação do concreto em elementos estruturais, tais como blocos de fundação, pilares, vigas e lajes, sem perda de desempenho mecânico e da durabilidade (ALMEIDA, 2013).

Gráfico 2 – Resistência à compressão dos concretos aos 28 dias



Fonte: Almeida (2013).

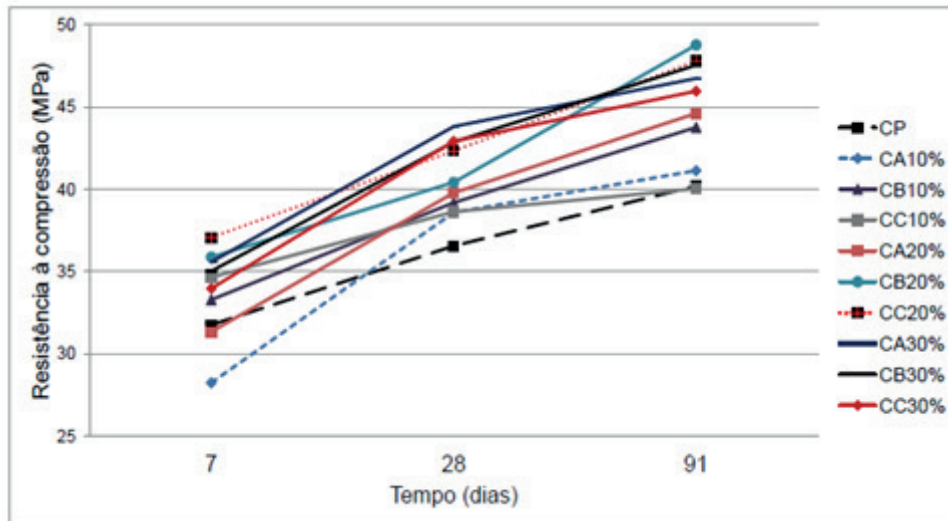
A incorporação da ACBC neste teor permite que o concreto mantenha a espessura de cobrimento de armadura compatível àquela utilizada em concretos convencionais, além de proporcionar um retardo na probabilidade de ocorrência de corrosão.

Sampaio (2013), estudou a CBC na produção de concreto de uma maneira diferente de Lima e outros autores (2010) e Almeida (2013). Em sua pesquisa, Sampaio (2013) trabalhou com traço na proporção de 1:2:3 (cimento:areia:brita), para uma relação de água/cimento de 0,53 com a adição em relação a massa de cimento, de um por cento (1%) de aditivo superplastificante TecMult 400.

Foram utilizadas três variedades da CBC, todas coletadas no lugar de despejo da caldeira de forma aleatória e receberam uma numeração de acordo com a localidade em que foram coletadas, no trabalho são nomeadas de A, B e C, e diferentemente das referências anteriores, o emprego da CBC se deu na proporção de 0%, 10%, 20% e 30% em relação à massa do cimento.

Os resultados obtidos se mostraram positivos quanto a substituição parcial do cimento pela CBC, pois a maioria das amostras apresentaram um aumento de resistência à compressão, sendo os melhores valores observados nos experimentos com a amostra B ao final dos 91 dias como mostrado no Gráfico 3.

Gráfico 3 – Variação da resistência à compressão das CBC em função das idades



Fonte: Sampaio (2013).

Os resultados apresentados mostraram que quase todos os concretos com adição de 20% de CBC apresentaram alto valor na resistência à compressão aos 91 dias.

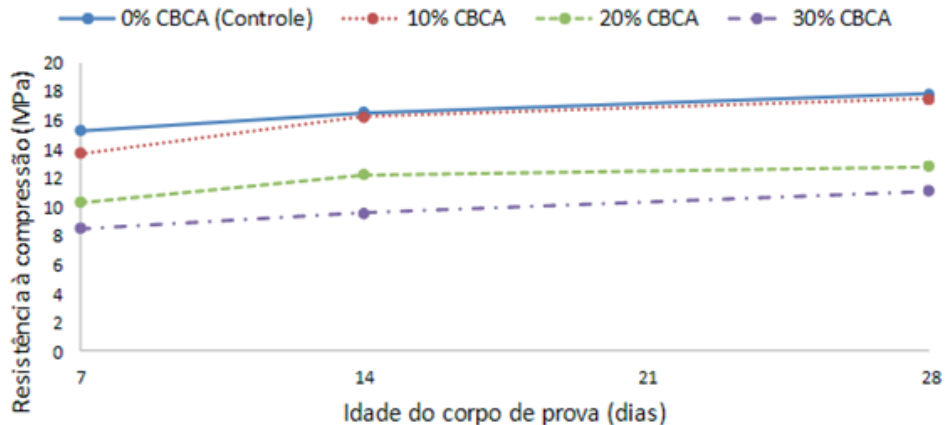
Além disso, houve uma diminuição da permeabilidade, porosidade total, absorção e índice de vazios, fatos que contribuem para um aumento da compacidade dos concretos contendo CBC e pode ser explicado pela morfologia da cinza que faz a mistura ter menos vazios e isto pode contribuir para o aumento das resistências dos concretos contendo CBC.

Lopes e outros autores (2014), desejando obter uma resistência à compressão aos 28 dias de 25 MPa, realizou um método de dosagem e produziu concreto, substituindo a massa de cimento Portland II-Z-32 por cinza de bagaço de cana-de-açúcar

(CBCA) natural, apenas houve o peneiramento dela com uma peneira de malha de 2 mm para a retirada de material grosseiro e o módulo de finura foi de 0,54, já o do cimento o valor foi de 0,70, ambos semelhantes a areia muito fina.

Foram utilizadas as proporções de 10, 20 e 30% a partir de três traços, um pobre, um médio e um rico. O melhor resultado foi com o traço médio e está apresentado no Gráfico 4.

Gráfico 4 – Evolução da resistência à compressão das amostras com substituição parcial do cimento Portland por cinza “in natura” – Traço Médio (Os pontos representam as médias de 3 repetições)



Fonte: Lopes e outros autores (2014).

A partir da análise dos dados, pode-se observar que a substituição de CBCA em teores de 10% acarretou uma maior resistência à compressão quando comparada com as outras substituições (20 e 30%) e a substituição parcial de 10% apresentou resistência à compressão estatisticamente semelhante a amostra controle.

4 CONCLUSÕES

Quanto a avaliação da resistência à compressão do concreto com substituição parcial da areia por CBC, os autores deste trabalho perceberam que faltou embasamento estatístico de uns dos autores pesquisados, nesse caso, Lima e outros autores (2010), com alguns testes e correlação de dados para dar maior credibilidade aos comparativos entre as variáveis. Diferentes de Almeida (2013), que em seu trabalho, fez o uso de análise de variância (ANOVA), utilizando um nível de significância de 5%, ou seja, a credibilidade do comparativo e das respostas obtidas por Almeida (2013) tem uma relevância de 95% de certeza de que essa correlação é válida e não refutável.

Isso pode explicar a diminuição de resistência, considerável nos dados de Lima e outros autores (2010), onde é possível perceber que houve uma diminuição da resistência na amostra de referência do cimento do tipo CP V ARI RS e CP III 40 RS,

onde se espera uma resistência, em 28 dias, de 50 MPa e 40 MPa, respectivamente. É possível perceber nos Gráficos 1a, 1b e 1c, correspondentes aos tipos de cimentos, que a resistência não chegou ao valor de 50 MPa, para o primeiro dos gráficos e para o segundo tipo de cimento não alcançou os 30 MPa.

Há também um terceiro tipo de cimento que é o CP II E 32, no qual Lima e outros autores (2010), encontraram valores aproximados de 30 MPa de resistência à compressão do concreto. Isso não ocorre com a amostra de referência de Almeida (2013), considerando que o traço e o tipo de cimento utilizado para a confecção do concreto foram os utilizados na série "C" por Lima e outros autores (2010). Percebe-se que a resistência do concreto testada por esse autor, ultrapassou o valor de 35 MPa. Com isso é possível perceber a importância de um estudo estatístico para dar validade e credibilidade aos resultados.

Quanto a avaliação da resistência à compressão do concreto com substituição parcial do cimento por CBC, notou-se que no trabalho de Sampaio (2013) também não há um estudo estatístico que possa dar um melhor embasamento aos resultados e que o maior valor de resistência à compressão foi verificado com o teor de incorporação de CBC de 30% aos 28 dias e 20% aos 91 dias para um traço equivalente a médio. Entretanto, Lopes e outros autores (2014) produziram traço pobre, médio e rico e o melhor resultado aos 28 dias foi com o traço médio, mas com teor de incorporação de 10% de CBC em relação a massa de cimento.

Os dados de Lopes e outros autores (2014) também apresentaram valores bem menores de resistência à compressão em comparação aos valores de Sampaio (2013). Logo, conclui-se que, Lopes e outros autores (2014) mostram-se mais cuidadosos quanto a dosagem do concreto e quanto a análise das amostras, pois utilizou a ANOVA, complementando com teste de comparação de médias de Tukey e os resultados estatísticos foram discutidos a 5% ($p < 0,05$) de nível de significância.

Diante do que foi exposto, é possível observar que o Brasil produz muita cana-de-açúcar, como consequência há um acréscimo na quantidade de resíduo gerado que precisa de uma destinação adequada. Além disso, notou-se muitos trabalhos, apontando a reutilização da CBC na confecção de concreto como uma alternativa viável, tanto na substituição parcial da areia natural, como na substituição parcial do cimento Portland, trazendo benefícios para o meio ambiente, ao eliminar o descarte dessa cinza na natureza, e vantagens econômicas, principalmente na substituição do cimento Portland pela CBC, em virtude do custo do cimento.

Entretanto, é importante considerar que dizer que uma substituição desse tipo é viável é dizer que o custo na reciclagem do material é menor do que quando se utiliza os materiais comuns e não foram realizados estudos econômicos, além disso, o novo material não deve interferir significativamente em determinadas características, como na resistência à compressão do concreto e essas considerações não foram bem apresentadas em algumas pesquisas.

Muitos estudos existentes citam a eficiência da CBC em combinação com os componentes do concreto, por várias vezes, ocasionando um aumento da resistência característica à compressão. Outrossim, nota-se a importância de realizar estudos estatísticos, pois a presença desses aumenta a confiabilidade dos resultados.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, F. C. R. **Avaliação do potencial de corrosão de armaduras em concretos com substituição parcial do agregado miúdo pela areia de cinza do bagaço da cana-de-açúcar-ACBC**. 2013. Dissertação (Mestrado em estruturas e construção civil) – Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2013.

CASTALDELLI, V. N. *et al.* (2010). Congresso Brasileiro do Concreto, 2010, Fortaleza. **Anais [...]**, Fortaleza: 2010. p. 1-15.

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

FERNANDES, Sérgio Eduardo. **Concreto com adição de cinza do bagaço de cana de açúcar**. Ilha Solteira: [s.n.], 2014.

LIMA, Sofia Araújo *et al.* (2010) **Caracterização de concretos confeccionados com a cinza do bagaço da cana-de-açúcar**. Congresso Internacional sobre patologia e reabilitação de estruturas: Tema Caracterização de Materiais, 6, CINPAR 2010. **Anais [...]**, Córdoba, Argentina, 2010.

LOPES, B. C. S. *et al.* (2014). Análise da viabilidade da utilização da cinza de bagaço de cana-de-açúcar como substituição parcial do cimento Portland. **REEC** – Revista eletrônica de Engenharia Civil, v. 9, n. 3, 2014.

NASCIMENTO, M. C. A. **Utilização da cinza do bagaço de cana-de-açúcar (CBC) em substituição parcial ao agregado miúdo em concreto não-estrutural**. 2016. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Católica de Pernambuco, Recife, 2016.

SAMPAIO, Zodínio Laurisa Monteiro. **Análise do comportamento mecânico de concretos produzidos com incorporação de cinza do bagaço da cana-de-açúcar de variedades SP911049, RB92579, PS816949**. Natal-RN, 2013.

Data do recebimento: 18 de julho de 2020

Data da avaliação: 9 de setembro de 2020

Data de aceite: 9 de setembro de 2020

1 Acadêmico do Curso de Engenharia Civil, Centro Universitário Tiradentes – UNIT/AL.

E-mail: diegolimaomaciel@hotmail.com

2 Acadêmica do Curso de Engenharia Civil, Centro Universitário Tiradentes – UNIT/AL.

E-mail: jeh.santos_10@hotmail.com

3 Acadêmico do Curso de Engenharia Civil, Centro Universitário Tiradentes – UNIT/AL.

E-mail: jaosolrac@gmail.com

4 Professor do Curso de Engenharia Civil, Centro Universitário Tiradentes – UNIT/AL.

E-mail: jonas.rafael@souunit.com.br