

# Impactos das Tecnologias na Engenharia Civil 2

Franciele Braga Machado Tullio  
(Organizadora)



Franciele Braga Machado Tullio  
(Organizadora)

# **Impactos das Tecnologias na Engenharia Civil 2**

Atena Editora  
2019



2019 by Atena Editora

Copyright © da Atena Editora

Editora Chefe: Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

Diagramação e Edição de Arte: Lorena Prestes e Geraldo Alves

Revisão: Os autores

### Conselho Editorial

- Prof. Dr. Alan Mario Zuffo – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul  
Prof. Dr. Álvaro Augusto de Borba Barreto – Universidade Federal de Pelotas  
Prof. Dr. Antonio Carlos Frasson – Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Prof. Dr. Antonio Isidro-Filho – Universidade de Brasília  
Profª Drª Cristina Gaio – Universidade de Lisboa  
Prof. Dr. Constantino Ribeiro de Oliveira Junior – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Profª Drª Daiane Garabeli Trojan – Universidade Norte do Paraná  
Prof. Dr. Darllan Collins da Cunha e Silva – Universidade Estadual Paulista  
Profª Drª Deusilene Souza Vieira Dall’Acqua – Universidade Federal de Rondônia  
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Prof. Dr. Fábio Steiner – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul  
Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria  
Prof. Dr. Gilmei Fleck – Universidade Estadual do Oeste do Paraná  
Profª Drª Girlene Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia  
Profª Drª Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionele delle Figlie de Maria Ausiliatrice  
Profª Drª Juliane Sant’Ana Bento – Universidade Federal do Rio Grande do Sul  
Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense  
Prof. Dr. Jorge González Aguilera – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul  
Profª Drª Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins  
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte  
Profª Drª Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Profª Drª Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão  
Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará  
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista  
Prof. Dr. Urandi João Rodrigues Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará  
Prof. Dr. Valdemar Antonio Paffaro Junior – Universidade Federal de Alfenas  
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande  
Profª Drª Vanessa Lima Gonçalves – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme – Universidade Federal do Tocantins

#### Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) (eDOC BRASIL, Belo Horizonte/MG)

I34 Impactos das tecnologias na engenharia civil 2 [recurso eletrônico] / Organizadora Franciele Braga Machado Tullio. – Ponta Grossa (PR): Atena Editora, 2019. – (Impactos das Tecnologias na Engenharia Civil; v. 2)

Formato: PDF  
Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader  
Modo de acesso: World Wide Web  
Inclui bibliografia  
ISBN 978-85-7247-221-0  
DOI 10.22533/at.ed.210192803

1. Construção civil. 2. Engenharia civil. 3. Tecnologia. I. Tullio, Franciele Braga Machado.

CDD 690

**Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422**

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores.

2019

Permitido o download da obra e o compartilhamento desde que sejam atribuídos créditos aos autores, mas sem a possibilidade de alterá-la de nenhuma forma ou utilizá-la para fins comerciais.

[www.atenaeditora.com.br](http://www.atenaeditora.com.br)

## APRESENTAÇÃO

A obra “Impactos das Tecnologias na Engenharia Civil 2” contempla dezoito capítulos em que os autores abordam as mais recentes pesquisas relacionadas ao uso de tecnologias aplicadas nas mais diversas áreas da engenharia civil.

A constante evolução na engenharia civil é movida pelo uso de novas tecnologias, que surgem a cada dia. Novos materiais, novas metodologias vão surgindo, viabilizando construções mais complexas e ocasionando uma maior produtividade nos canteiros de obras, trazendo impactos sociais relevantes.

O estudo de novas tecnologias na área de saneamento por exemplo, traz benefícios a diversas comunidades, impactando na área de saúde e consequente melhoria na qualidade de vida das pessoas atingidas.

A inovação no desenvolvimento de produtos se deve a necessidade de criação de materiais mais resistentes, proporcionando maior qualidade e segurança às obras. O desenvolvimento de materiais a partir de matéria prima reaproveitada ou de materiais que simplesmente eram descartados, têm sido amplamente utilizados e além de gerar novas soluções, proporciona benefícios ao meio ambiente e resultados econômicos satisfatórios. Nessa mesma linha de pensamento, o uso da eficiência energética também tem sido utilizado em busca de soluções sustentáveis.

O uso de tecnologias no controle e planejamento de obras permite a antecipação de diversas situações que poderiam impactar negativamente na execução das obras ou seu uso final, oportunizando seus gestores a tomada de decisões antes mesmo que elas ocorram.

Diante do exposto, esperamos que esta obra traga ao leitor conhecimento técnico de qualidade, de modo que haja uma reflexão sobre os impactos que o uso de novas tecnologias proporciona à engenharia e que seu uso possa proporcionar melhorias de qualidade de vida na sociedade.

Franciele Braga Machado Tullio



## SUMÁRIO

<b>CAPÍTULO 1</b> .....	<b>1</b>
A TECNOLOGIA SOCIAL NO SERTÃO DO PAJEÚ: UM GANHO NA QUALIDADE DE VIDA COM A UTILIZAÇÃO DE BIODIGESTORES	
<i>Lizelda Maria de Mendonça Souto</i>	
<i>Rafael Lucian</i>	
<i>Alexandre Nunes da Silva</i>	
<i>Avelino Cardoso</i>	
<i>Emilia Rahnemay Kohlman Rabbani</i>	
<i>Sérgio Peres</i>	
<b>DOI 10.22533/at.ed.2101928031</b>	
<b>CAPÍTULO 2</b> .....	<b>7</b>
CONCRETO COM SUBSTITUIÇÃO PARCIAL DO CIMENTO POR CINZA DE BAGAÇO DE CANA-DE-AÇÚCAR	
<i>Décio Leandro Amaral Miranda</i>	
<i>Renato da Silva Couto</i>	
<i>Ronildo Alcântara Pereira</i>	
<i>Siumara Rodrigues Alcântara</i>	
<b>DOI 10.22533/at.ed.2101928032</b>	
<b>CAPÍTULO 3</b> .....	<b>23</b>
MATERIAIS CIMENTÍCIOS SUSTENTÁVEIS COM A REUTILIZAÇÃO DE RESÍDUOS	
<i>Humberto Mycael Mota Santos</i>	
<i>Bruno Balbino da Silva</i>	
<i>Anderson Ferreira de Oliveira</i>	
<i>Daniel Oliveira Procorio</i>	
<i>Gabriel Marcelo Bortolai</i>	
<b>DOI 10.22533/at.ed.2101928033</b>	
<b>CAPÍTULO 4</b> .....	<b>33</b>
ANÁLISE DE ESTABILIDADE MARSHALL EM MISTURAS ASFÁLTICAS COM ADIÇÃO DE RESÍDUO OLEOSO DA INDÚSTRIA PETROLÍFERA	
<i>Rodolfo Rodrigo Ferreira Severino</i>	
<i>Yane Coutinho Lira</i>	
<i>Rodrigo Mendes Patrício Chagas</i>	
<i>Ana Maria Gonçalves Duarte Mendonça</i>	
<i>Milton Bezerra das Chagas Filho</i>	
<b>DOI 10.22533/at.ed.2101928034</b>	
<b>CAPÍTULO 5</b> .....	<b>41</b>
MÉTODOS DE ANÁLISE DO DESEMPENHO LUMÍNICO DE EDIFICAÇÕES HABITACIONAIS CONFORME A NBR 15575-1/2013	
<i>Aniéli Thais de Souza</i>	
<i>Maria das Graças Monteiro Almeida de Melo</i>	
<i>Maryane Gislayne Cordeiro de Queiroz</i>	
<i>Geovani Almeida da Silva</i>	
<b>DOI 10.22533/at.ed.2101928035</b>	

<b>CAPÍTULO 6</b> .....	<b>53</b>
OS SELOS DE CERTIFICAÇÃO DE SUSTENTABILIDADE PARA EMPREENDIMENTOS DE CONSTRUÇÃO CIVIL NO BRASIL	
<i>Marco Antonio Campos</i>	
<i>André Munhoz de Argollo Ferrão</i>	
<b>DOI 10.22533/at.ed.2101928036</b>	
<b>CAPÍTULO 7</b> .....	<b>64</b>
ECONOMIA DE ENERGIA: UMA ALTERNATIVA SUSTENTÁVEL ESTUDO DE CASO NO BLOCO I DO UNIPAM	
<i>Daniel Marcos de Lima e Silva</i>	
<i>Maísa de Castro Silva</i>	
<i>Marcelo Ferreira Rodrigues</i>	
<b>DOI 10.22533/at.ed.2101928037</b>	
<b>CAPÍTULO 8</b> .....	<b>80</b>
PLANILHAS DE DIMENSIONAMENTO DE VIGA E PILAR METÁLICO EM SITUAÇÃO DE INCÊNDIO	
<i>Marcus da Silva Camargo</i>	
<i>Cleverson Cardoso</i>	
<i>José Raimundo Serra Pacha</i>	
<b>DOI 10.22533/at.ed.2101928038</b>	
<b>CAPÍTULO 9</b> .....	<b>99</b>
ANÁLISE DO FLUXO DE INFORMAÇÕES NO PROCESSO DE MANUTENÇÃO PREDIAL APOIADA EM BIM: ESTUDO DE CASO EM COBERTURAS	
<i>Bárbara Lepca Maia</i>	
<i>Sérgio Scheer</i>	
<b>DOI 10.22533/at.ed.2101928039</b>	
<b>CAPÍTULO 10</b> .....	<b>118</b>
INDICADORES DE PROJETO PARA ALVENARIA ESTRUTURAL NO PIAUÍ	
<i>Ailton Soares Freire</i>	
<i>Terciana Nayala Feitosa de Carvalho</i>	
<i>Carlos René Gomes Ferreira</i>	
<i>Araci de Oliveira Parente Sousa</i>	
<i>Ronildo Brandão da Silva</i>	
<b>DOI 10.22533/at.ed.21019280310</b>	
<b>CAPÍTULO 11</b> .....	<b>127</b>
UTILIZAÇÃO DE INDICADORES DE DESEMPENHO PARA MENSURAÇÃO DE DESPERDÍCIO EM OBRAS CIVIS	
<i>Evanielle Barbosa Ferreira</i>	
<i>Samuel Jônatas de Castro Lopes</i>	
<i>Danilo Teixeira Mascarenhas de Andrade</i>	
<b>DOI 10.22533/at.ed.21019280311</b>	

<b>CAPÍTULO 12</b> .....	<b>139</b>
O NÍVEL DE SERVIÇO E ÍNDICE DE QUALIDADE DA CALÇADA: ESTUDO DE CASO EST-UEA	
<i>Angra Ferreira Gomes</i>	
<i>Valdete Santos de Araújo</i>	
<b>DOI 10.22533/at.ed.21019280312</b>	
<b>CAPÍTULO 13</b> .....	<b>146</b>
UTILIZAÇÃO DO VANT PARA INSPEÇÃO DE SEGURANÇA NA CONSTRUÇÃO DE UMA AVENIDA EM BELÉM-PA	
<i>Diogo Wanderson Borges Lisboa</i>	
<i>Ana Beatriz Sena da Silva</i>	
<i>Anna Beatriz Aguiar de Souza</i>	
<i>Eliete Santana Chaves Barroso</i>	
<i>Márcio Murilo Ferreira de Ferreira</i>	
<b>DOI 10.22533/at.ed.21019280313</b>	
<b>CAPÍTULO 14</b> .....	<b>156</b>
CAUSAS E EFEITOS DA RESSONÂNCIA EM EDIFICAÇÕES URBANAS	
<i>Beth Luna Monteiro Moreira</i>	
<i>Biatriz Vitória da Conceição Moraes Custodio</i>	
<i>Juliana Silva de Oliveira</i>	
<i>Larissa Medeiros de Almeida</i>	
<i>Lucian Araújo da Silva</i>	
<i>Luciana de Oliveira Guimarães</i>	
<b>DOI 10.22533/at.ed.21019280314</b>	
<b>CAPÍTULO 15</b> .....	<b>161</b>
SISTEMA MINI TARP: UMA PROPOSTA PARA A ELIMINAÇÃO DOS IMPACTOS PROVOCADOS PELAS ENCHENTES E CONTAMINAÇÃO DO RIBEIRÃO ARRUDAS	
<i>João Carlos Teixeira da Costa</i>	
<i>Raíssa Ávila Nascimento</i>	
<b>DOI 10.22533/at.ed.21019280315</b>	
<b>CAPÍTULO 16</b> .....	<b>182</b>
LEVANTAMENTO QUANTITATIVO DE MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS DE FACHADAS EM EDIFICAÇÕES MULTIPAVIMENTOS NA ÁREA URBANA CENTRAL DE PATOS DE MINAS - MG	
<i>Roni Alisson Silva</i>	
<i>Douglas Ribeiro Oliveira</i>	
<i>Rogério Borges Vieira</i>	
<b>DOI 10.22533/at.ed.21019280316</b>	
<b>CAPÍTULO 17</b> .....	<b>189</b>
NOVOS PARADIGMAS E DESAFIOS NO ENSINO DE DISCIPLINAS PROFISSIONALIZANTES DE ENGENHARIA CIVIL COM BASE NA APRENDIZAGEM BASEADA EM PROBLEMAS	
<i>Henrique Clementino de Souza</i>	
<b>DOI 10.22533/at.ed.21019280317</b>	



**CAPÍTULO 18 ..... 201**

INICIANDO A VIDA ACADÊMICA POR MEIO DO ESTUDO DAS SECÇÕES CÔNICAS  
E SUAS APLICAÇÕES NA ENGENHARIA CIVIL

*Raimundo Nonato de Oliveira Sobrinho*

*Gabriel Alves de Abreu*

*Paulo Henrique Teixeira da Silva*

*Paulo Rafael de Lima e Souza*

**DOI 10.22533/at.ed.21019280318**

**SOBRE A ORGANIZADORA..... 215**

## CONCRETO COM SUBSTITUIÇÃO PARCIAL DO CIMENTO POR CINZA DE BAGAÇO DE CANA-DE-AÇÚCAR

### **Délcio Leandro Amaral Miranda**

Universidade Estácio de Sá, Faculdade Estácio de Sá de Ourinhos  
Ourinhos - SP

### **Renato da Silva Couto**

Universidade Estácio de Sá, Faculdade Estácio de Sá de Ourinhos  
Ourinhos - SP

### **Ronildo Alcântara Pereira**

Universidade Federal de Campina Grande,  
Departamento de Engenharia Civil  
Campina Grande - PB

### **Siumara Rodrigues Alcântara**

Universidade Estácio de Sá, Faculdade Estácio de Sá de Ourinhos  
Ourinhos - SP

**RESUMO:** A construção civil é de grande importância, não apenas no setor econômico, como também no setor ambiental, pois caracteriza-se como um dos mais poluentes. Neste sentido, aliando-se às questões sustentáveis, este trabalho teve como objetivo a substituição parcial do cimento Portland por cinzas de bagaço de cana-de-açúcar, na confecção de concreto. Para tanto, foi feita a caracterização dos agregados e das cinzas, assim como, a substituição parcial do cimento nos valores de 10, 15 e 20%, mantendo a razão água/cimento igual a 0,51. A partir das

características dos agregados utilizados, calculou-se o traço de concreto padrão, ou seja, sem substituição. Com a realização da caracterização das cinzas, observou-se a necessidade de um processo prévio de moagem deste material. Com isso, conseguiu-se reduzir substancialmente seu valor de módulo de finura. As substituições mostraram resistências acima do padrão para 10 e 15%, aos 7 dias de cura. Para 28 dias, os valores de resistência foram menores, porém, bem próximos aos obtidos com o concreto padrão. Com isso, observa-se viabilidade na substituição do cimento, contribuindo para redução de diversos impactos ambientais observados ao longo do processo para fabricação do cimento, assim como, redução de valores nos custos de obras e valorização e destinação das cinzas de bagaço de cana-de-açúcar, sendo este um resíduo agroindustrial.

**PALAVRAS-CHAVE:** Construção civil, Resíduo agroindustrial, Construção sustentável, Pozolana.

**ABSTRACT:** Civil construction is of great importance, not only in the economic sector, but also in the environmental, as it is characterized as one of the most polluting. In this sense, in addition to the sustainable issues, this work had as its objective the partial replacement of Portland cement by ash from sugarcane bagasse, in the

confection of concrete. For that, aggregates and ashes were characterized, as well as the partial replacement of cement in the values of 10, 15 and 20%, keeping the water/cement ratio equal to 0.51. From the characteristics of the aggregates used, the standard concrete trait was calculated, that is, without substitution. With the ashes characterization, it was observed the necessity of a previous process of grinding of this material. With this, it has been possible to substantially reduce its fineness modulus value. Substitutions showed above-standard strengths of 10 and 15% at 7 days of cure. For 28 days, the resistance values were lower, but very close to those obtained with the standard concrete. With this, it is possible to observe the feasibility of replacing the cement, contributing to the reduction of several environmental impacts observed during the cement manufacturing process, as well as reducing the costs of constructions and valorisation and disposal of bagasse ash, which is an agroindustry residue.

**KEYWORDS:** Civil construction, Agroindustry residue, Sustainable construction, Pozolana.

## 1 | INTRODUÇÃO

A construção civil, embora seja um setor da economia de vital importância é também, um grande poluidor. Ao lado disso, a indústria do cimento é responsável por impactos significativos, tanto na paisagem como na atmosfera devido a seu processo produtivo. Neste contexto, buscando reduzir os impactos ambientais provocados por estes setores da economia, surge o paradigma da construção sustentável, através do aproveitamento de materiais recicláveis. Dentre tantos materiais estão as cinzas do bagaço de cana (CBC), que são constituídas basicamente de dióxido de silício  $\text{SiO}_2$  e podem substituir parcialmente o cimento no concreto e nas argamassas, sem prejudicar suas características físicas e químicas.

Para cada tonelada de cana-de-açúcar são geradas aproximadamente 26% de bagaço, sendo constituído por aproximadamente: 50% de celulose, 25% de hemiceluloses e 25% de lignina, com teor de umidade de 50% e 0,62% de cinza, sendo gerados aproximadamente 25 quilos de cinza para cada tonelada de bagaço quando incineradas. Concomitantemente, levando essas cifras para a safra de 2017/2018, estima-se que foram gerados cerca de 3,93 milhões de toneladas de cinzas de bagaço de cana-de-açúcar (CBC) (SULIMAN e ALMOLA, 2010; REZENDE, 2016).

A utilização da CBC resolve diversos problemas ambientais, entre eles, o impacto devido à extração de minérios para a fabricação do cimento. Outro aspecto a ser citado, é o grande volume de CBC produzida e armazenada nos pátios das usinas, que são utilizadas basicamente como fertilizantes nas lavouras. Esta utilização é feita mesmo com a existência de pesquisas que indicam que a cinza não apresenta nutrientes suficientes para tal fim. Além disso, este material é de difícil deterioração, tendo metais pesados em sua composição, o que contamina o solo e os lençóis freáticos (VANDERLEI et. al., 2014, CASTRO e MARTINS, 2016).



Constituída basicamente de sílica  $\text{SiO}_2$ , a cinza do bagaço de cana-de-açúcar tem potencial para ser utilizada como adição mineral na construção civil. A temperatura e o período de queima do bagaço de cana de açúcar são fatores que influenciam nas propriedades dessa sílica, pois, se forem controladas, manterá as propriedades amorfas do bagaço, permitindo substituir parte do cimento em argamassas e concretos. Para que a sílica se transforme em fase amorfa, é preciso que seja processada em temperaturas inferiores a  $700^\circ\text{C}$ , por um período de uma hora. Especificadamente, relatos na literatura descrevem que as cinzas, com melhores resultados de atividades pozolânica, foram aquelas incineradas em temperatura de  $600^\circ\text{C}$  (PAULA, 2006; CORDEIRO et al., 2009; TEODORO et. al., 2013; VANDERLEI et. al., 2014; REZENDE, 2016).

Quando se faz adições minerais em materiais cimentícios, há uma mudança na estrutura interna do concreto no estado fresco, podendo levar a diversos benefícios, como diminuição das fissuras de origem térmicas, redução na porosidade capilar, melhor resistência ao ataque por sulfatos, etc. Estes fatores colaboram para o aumento da resistência e a durabilidade do concreto no estado endurecido.

O emprego de minerais no concreto, em substituição parcial do cimento Portland, contribui para o retardamento da resistência e da taxa de hidratação do concreto nas primeiras idades (dentro dos 7 dias), em comparação com a mistura de referência. Por outro lado, nas idades mais avançadas, as resistências finais tendem a serem superiores à de referência, isso depende da quantidade e qualidade das pozolanas utilizadas, pois essas adições fazem com que os poros da matriz cimentícia se refinem e melhorem a zona de transição pasta-agregado, de modo a contribuir para maior resistência mecânica e melhor durabilidade do concreto. Ao adicionar a CBC no concreto, a consistência é alterada, sendo necessário adequar o fator a/c para uma melhor trabalhabilidade (KISHORE et.al., 2011; CALADO et.al., 2015; REZENDE, 2016).

Diante desse contexto, esta pesquisa tem por objetivo confeccionar um traço de concreto com substituição parcial do cimento Portland CP32-RS pela cinza de bagaço de cana-de-açúcar (CBC), comparando esses dados com o traço de concreto padrão, confeccionado a partir da norma NBR 12655 (ABNT, 2006). As porcentagens de substituição foram 10%, 15% e 20%. Desta forma, este trabalho visa utilizar a cinza do bagaço de cana-de-açúcar CBC como aditivo mineral na substituição parcial do cimento, buscando obter resultados relevantes, sem que haja perda da resistência, impermeabilidade e durabilidade do concreto e almejando minimizar os impactos ambientais. Além disso, possibilitar um menor custo e melhor trabalhabilidade.

## 2 | MATERIAIS E MÉTODOS

A cinza de bagaço de cana-de-açúcar foi adquirida no município de Itaí/SP. A

areia, brita e o cimento forma adquiridos no comércio do município de Ourinhos/SP. Quanto as análises, estas foram realizadas nos Laboratórios de Construção Civil e no Laboratório de Pesquisas de Engenharia (LAPEN) da Faculdade Estácio de Sá de Ourinhos.

## 2.1 CARACTERIZAÇÃO DO AGREGADO GRAÚDO

### 2.1.1 DETERMINAÇÃO DA MASSA REAL DA BRITA (MRB)

Para a preparação do agregado, seguiu-se as recomendações do Método de Ensaio DNER-ME 081/98. Para a determinação da MRB, utilizou-se uma proveta com 600 ml de água e 1Kg de agregado. Em seguida, observou-se o volume deslocado. Os cálculos foram realizados conforme a Equação 1 (DNER, 1998).

$$d = \frac{1000g}{V_{fb}-600} \quad (1)$$

Onde:

$d$  = massa específica real do agregado graúdo seco em  $g/cm^3$

$V_{fb}$  = leitura da proveta (volume de água + brita)

### 2.1.2 DETERMINAÇÃO DA MASSA UNITÁRIA COMPACTADA (MEAC)

Para a determinação MEAC, seguiu-se a NBR NM 45, através do preenchimento de um recipiente com os agregados graúdos, em três camadas. Para cada camada foram aplicados cinquenta golpes, vinte e cinco em cada face. Os cálculos foram efetuados conforme Equação 2 (ABNT, 2006).

$$\rho_{ap} = \frac{m_{ar} - m_r}{14,54} \quad (2)$$

Onde:

$\rho_{ap}$  = massa específica aparente compactada do agregado graúdos em  $Kg/dm^3$

$m_{ar}$  = massa (conjunto caixote + agregados)

$m_r$  = massa do caixote

### 2.1.3 DETERMINAÇÃO DA MASSA UNITÁRIA (MEA) EM ESTADO SOLTO DOS AGREGADOS GRAÚDO E MIUDO

Para a determinação da MEA, seguiu-se a NBR NM 45, através do uso de um caixote, que foi preenchido, inicialmente com agregado miúdo (areia), e posteriormente, agregado graúdo (brita), até exceder o limite. Em seguida, foi rasado, utilizando-se uma régua. O caixote foi pesado com os respectivos agregados, e calculado o resultado pela Equação 3 (ABNT, 2006).

$$d_a = \frac{m_{ag} - m_{cx}}{14,54} \quad (3)$$

Onde:

$d_a$  = massa específica aparente dos agregados miúdo/grãos em Kg/dm<sup>3</sup>

$m_{ag}$  = massa (conjunto agregado + caixote)

$m_{cx}$  = massa do caixote

#### 2.1.4 GRANULOMETRIA DOS AGREGADOS GRAÚDO E MIÚDO

Em conformidade com a NBR NM 248 (ABNT, 2003), foram pesadas amostras de materiais, sendo estas secas previamente em estufa por 24 horas a  $105 \pm 5^\circ\text{C}$ . As mesmas foram peneiradas no conjunto de peneiras limpas. Após o peneiramento, as amostras retidas de cada peneira foram pesadas e calculadas suas porcentagens. Em seguida, foram realizadas as somas das porcentagens retidas nas peneiras. Deste modo, foi possível obter o módulo de finura e diâmetro máximo dos agregados.

### 2.2 Caracterização do Agregado Miúdo

#### 2.2.1 DETERMINAÇÃO DA MASSA ESPECÍFICA REAL (MER) DA AREIA

Embasado na NBR 9776 (ABNT, 1987), usou-se o frasco de Chapman, colocando-se água até a marca de 200 ml. Após o tempo estipulado, foi adicionado 500 g de areia com diâmetros < 4,8 mm, seca em estufa. Em seguida a leitura do volume deslocado foi calculado por meio da Equação 4.

$$\gamma = \frac{500}{L-200} \quad (4)$$

Onde:

$\gamma$  = massa específica real em g/cm<sup>3</sup>

$L$  = leitura do frasco (volume de água + areia)

#### 2.2.2 Determinação do Inchamento do Agregado Miúdo

O inchamento da areia seguiu a NBR 6467 (ABNT, 2006), onde cada ponto de adição dos teores de umidade estivera próximo de 0,5%, 1%, 2%, 4%, 5%, 7%, 9% e 12%, foram coletados e secos em estufa por 24h. Após este período, foram realizadas as pesagens. Com isso, foi possível determinar o teor de umidade da areia em cada ponto e o coeficiente de inchamento, através das Equações 5 e 6.

$$h = \frac{m_i - m_f}{m_f - m_c} \times \left( \frac{100+h}{100} \right) \quad (5)$$

Onde:

$h$ : teor de umidade do agregado miúdo (em %)

$m_i$ : massa inicial da cápsula com o agregado ensaiado (úmido)

$m_f$ : massa da cápsula com o agregado após a secagem em estufa

$m_c$ : massa da cápsula

$$\frac{V_h}{V_s} = \frac{\gamma_s}{\gamma_h} \times \left( \frac{100+h}{100} \right) \quad (6)$$

Onde:



$V_h$ : volume do agregado com um determinado teor de umidade (h)

$V_s$ : volume do agregado seco

$\alpha$ : coeficiente de inchamento do agregado

$\gamma_s$ : massa unitária do agregado com um determinado teor de umidade (h)

$\gamma_h$ : massa unitária do agregado seco

### 2.2.3 DETERMINAÇÃO DA UMIDADE DO AGREGADO MIÚDO

Para determinação da umidade do agregado miúdo, as amostras foram pesadas, e em seguida, levadas a estufa por 24 horas a  $105 \pm 5^\circ\text{C}$ . Foram novamente pesadas e calculadas através da Equação 7.

$$u = \frac{m_i}{m_i - m_f} \times 100 \quad (7)$$

Onde:

$u$  = umidade do agregado (%)

$m_i$  = massa inicial

$m_f$  = massa final

## 2.3 CARACTERIZAÇÃO DA CBC

Foram realizadas as caracterizações de massa específica e módulo de finura, tendo como base o processo de caracterização do cimento Portland. Para a determinação de massa específica, foi realizado o peneiramento das cinzas em peneira com abertura de 100 mesh ( $149\mu\text{m}$ ), frasco de Le Chatelier 250 ml, seguindo a NBR 6474 (ABNT, 2006).

### 2.3.1 MÓDULO DE FINURA DA CBC

Para determinação do módulo de finura da CBC utilizou-se a NBR NM 11579 (ABNT, 2012). Para tanto, preparou-se uma amostra de 50g de CBC. Em seguida, este material foi peneirado na malha 0,075mm, realizando o peneiramento em três etapas. Este processo durou em média 3 minutos.

Antes de iniciar a segunda fase, foram aplicados golpes com um bastão em torno da peneira e usado o pincel para tirar as partículas da CBC do fundo e no seu entorno. A segunda etapa seguiu o mesmo procedimento antes posto, porém em um tempo maior, de 15 a 20 minutos. Já na última etapa, o material foi peneirado no tempo de 1 minuto e com uma pequena angulação em torno de  $60^\circ$  com movimentos rápidos e rotacionando a peneira a cada 10 segundos. Em seguida, foi realizado o mesmo método de limpeza e a pesagem da amostra retida na peneira. Após os processos de peneiramento, foram realizados os cálculos do módulo de finura pela Equação 8.

$$F = \frac{(R \cdot C)}{M} \cdot 100 \quad (8)$$

Onde:

$F$  = módulo de finura em %

$R$  = massa retida na peneira em g

$C$  = coeficiente de correção (Sendo o do cimento 1)

$M$  = massa inicial da amostra em g

Os ensaios de caracterização dos materiais utilizados neste trabalho foram feitos em triplicata, com realização do cálculo da média, desvio padrão, e utilização do erro experimental abaixo de 5%.

## 2.4 Moagem da Cbc

O processo de moagem foi executado com 6,16 kg de agregado graúdo e 0,200 kg de CBC, em betoneira com rotação de 32 rpm, por um período de 15 minutos. Após, foi executada a separação da cinza do agregado graúdo com a peneira 4,75mm (TRINDADE, 2015). Em seguida, foi realizado a caracterização do módulo de finura da CBC, seguindo a NBR NM 11579 (ABNT, 2012).

## 2.5 Confeção dos Traços de Concreto Padrão e de Traços Com Substituição

### 2.5.1 Traço de Concreto Padrão

A confeção do traço de concreto padrão, ou seja, sem substituição do cimento por cinzas, foi realizada de acordo com a NBR 12655 (ABNT, 2006).

O ensaio de abatimento do tronco de cone (Slump Test), definido pela NBR NM 67, foi realizado e auferiu a consistência (ABNT, 1998).

Para o traço, foram usados 11,78Kg de agregado graúdo, 7,88Kg de agregado miúdo, 1,95 L de água e 3,82Kg de cimento Portland CP32-RS. Logo após, foram moldados os corpos de prova em cilindros de metal, com diâmetro de 10 cm e comprimento de 20 cm. Após a moldagem os corpos de prova foram deixados em repouso por um período de aproximadamente 24h, desmoldados e colocados para cura em água. Os rompimentos à compressão foram realizados em 7 e 28 dias, em prensa manual da marca Contenco.

Para a elaboração do traço padrão, foram definidas as proporções dos matérias constituintes do concreto, inicialmente para 1m<sup>3</sup>. Também foi definido o nível de exigência do controle do concreto em função do desvio padrão (sd), nível B, ou intermediário sd = 5,5 MPa. Esta condição favorece um preparo dentro da capacidade de uma obra construtiva convencional, tendo assim um médio rigor de aplicação. O  $F_{ck}$  foi estabelecido em 20Mpa com a intenção de obter um  $F_{c28}$  de aproximadamente 29MPa.

O fator a/c estabelecido em função dos atributos dos agregados foi de 0,51. Neste caso, como é de praxe, considera-se o diâmetro máximo do agregado graúdo,

permitindo chegar a quantidade de água a ser utilizado no traço (para 1 m<sup>3</sup> de concreto). Neste caso, foi igual a 195 (l/m<sup>3</sup>). Após a definição do fator a/c, o traço foi realizado utilizando-se os valores de 382,35 kg cimento, 1492,75kg de agregado graúdo e 473,97kg de agregado miúdo.

Devido ao cimento utilizado ser o CP32-RS, foi de suma importância realizar alguns ajustes, conforme o método da ABCP, resultando em uma proporção de materiais para um traço unitário; fator a/c de 0,51; 3,08 kg de agregado graúdo; e 2,06 kg de agregado miúdo.

### 2.5.2 DETERMINAÇÃO DA CONSISTÊNCIA PELO ABATIMENTO DO TRONCO DE CONE (SLUMP TEST)

A determinação da consistência do concreto foi realizada por meio ensaio de Slump Test, conforme NBR NM 67 (ABNT, 1998). Sobre a placa da base, colocou-se o molde em uma superfície rígida, plana. O preenchimento realizou-se em três camadas, cada camada adensada com 25 golpes pela haste de socamento, distribuídos uniformemente sobre cada camada. Após o preenchimento das três camadas, foi nivelado o concreto com a superfície do molde e realizada a medição.

### 2.5.3 TRAÇO E MODELAGEM DE CONCRETO COM CBC

O traço de concreto, com substituição parcial do cimento pela CBC, foi realizado com os mesmos procedimentos do traço de concreto padrão. Portanto, foram fixados os valores para as quantidades de agregados graúdos e miúdos, e a razão água/cimento (3,08 kg de agregado graúdo; 2,06 kg de agregado miúdo e 1,95L, respectivamente).

A substituição parcial do cimento Portland foi feita utilizando as seguintes porcentagens: 10%, 15% e 20% (ÁVILA et.al, 2016).

A Tabela 1, resume todos os ensaios relacionados para a produção de concreto com e sem substituição para o traço unitário.

Ensaio	CBC		Cimento (Kg)
	Porcentagem (%)	Massa (Kg)	
1 (padrão)	0	0	1,00
2	10	0,10	0,90
3	15	0,15	0,85
4	20	0,20	0,80

Tabela 1 – Ensaio de substituição do cimento por cinzas de bagaço de cana-de-açúcar

Para observar a consistência de todos os ensaios realizados, foi executado o ensaio de Abatimento do tronco de cone (Slump Test) conforme a NBR NM 67 (ABNT, 1998).

### 3 | RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os resultados para caracterização dos materiais encontram-se descritos nas Tabelas 2 e 3, respectivamente, para o agregado graúdo e agregado miúdo.

O conhecimento das propriedades dos agregados está relacionado diretamente com o cálculo das porcentagens da mistura e sua importância vincula-se, de um lado a resistência, e de outro a consistência, trabalhabilidade e durabilidade.

Ensaio	Média	Desvio padrão
Massa específica (kg/dm <sup>3</sup> )	2,99	0,04
Massa unitária (kg/dm <sup>3</sup> )	2,19	0,01
Massa unitária compactada (kg/dm <sup>3</sup> )	2,32	0,01
Diâmetro Máximo (mm)	19	-
Módulo de Finura	7,85	0,02

Tabela 2 – Caracterização do agregado graúdo

Para a caracterização da massa específica do agregado graúdo (Tabela 2), o valor obtido foi de 2,99 g/cm<sup>3</sup>. Valor aproximadamente 9,93% superior ao encontrado na literatura, comparando com valores encontrados na pesquisa de Sales e Alferes Filho (2014), que alcançou resultado de 2,72 g/cm<sup>3</sup>. Justifica-se esta diferença devido as propriedades químicas que o agregado possui, ainda que, os ensaios realizados não determinaram as propriedades e estruturas mineralógicas. Desta forma, é possível concluir, que tal discrepância está relacionado à densidade da rocha originária do agregado, a qual apresenta, possivelmente elevada massa específica real.

O valor da massa unitária em estado solto do agregado graúdo (Tabela 2) foi igual a 2,19 g/cm<sup>3</sup>, o qual também se encontra acima dos valores encontrados em outros trabalhos. Tais valores encontrados na literatura se situam entre 0,98 g/cm<sup>3</sup> e 1,45 g/cm<sup>3</sup> (LIMA et. al., 2011; VERZEGNASSI et. al., 2011).

O valor encontrado para a massa unitária compactada do agregado graúdo foi de 2,32 g/cm<sup>3</sup> (Tabela 2). O dado encontrado neste projeto não se enquadra nos parâmetros encontrados na literatura. Lima et. al. (2011) obteve valor de 1,53 g/cm<sup>3</sup>, ou seja, um valor 34,05% inferior ao encontrado nesta pesquisa.

O valor encontrado para a massa específica do agregado miúdo (Tabela 3) foi de 2,60 g/cm<sup>3</sup>, próximo ao encontrado na literatura. Observou-se trabalhos que relataram valores de 2,62 g/cm<sup>3</sup> e 2,63 g/cm<sup>3</sup>. Equiparando os resultados, pode se dizer que a característica do agregado miúdo está dentro dos parâmetros da bibliografia, assim, pode ser empregada para confeccionar o concreto (SALES e ALFERES FILHO, 2014; FERNANDES et al., 2015).

Ensaio	Média	Desvio padrão
Massa específica (kg/dm <sup>3</sup> )	2,60	0,01
Massa unitária (kg/dm <sup>3</sup> )	2,38	0,01
Diâmetro Máximo (mm)	4,8	-
Módulo de Finura	2,69	0,15
Umidade (%)	0,455	0,017
Umidade crítica	3,10	-
Coefficiente de inchamento	1,36	-

Tabela 3- Caracterização do agregado miúdo

A caracterização da massa unitária em estado solto do agregado miúdo (Tabela 3), teve resultado de 2,19 g/cm<sup>3</sup>. Este valor é satisfatório comparado à literatura, pois o valor encontrado foi de 2,04 g/cm<sup>3</sup>, isso possibilita uma melhor dosagem no concreto, consequentemente melhorando suas propriedades (LIMA et al., 2011).

Na Tabela 4 abaixo estão apresentados os resultados obtidos nos ensaios realizados de caracterização da cinza de bagaço de cana-de-açúcar *in natura* e após a moagem.

Ensaio	<i>In natura</i>		Moído	
	Mé- dia	Desvio padrão	Mé- dia	Desvio padrão
Massa específica (g/cm <sup>3</sup> )	2,64	0,02	1,62	0,01
Módulo de finura (%)	48,47	1,58	2,48	0,30

Tabela 4 – Caracterização da CBC *in natura* e após moagem

Observando-se a massa específica da CBC, e comparando com o do cimento a ser utilizado na confecção do concreto, houve um resultado positivo, já que o valor de 2,64 g/cm<sup>3</sup> é coerente com os valores encontrados na literatura. Como já citado anteriormente, este material se comporta como uma pozolana, então os resultados são correspondentes aos de uma microsílca (ABBASA e ZARGAR, 2013).

Com relação ao módulo de finura (Tabela 4), observa-se valor muito acima do valor encontrado para o cimento. Na literatura, é apontado um módulo de finura de 1,26% para a CBC (SAMPAIO et. al., 2014). O motivo dessa grande discrepância deve-se ao fato das cinzas não terem passado por nenhum processo de peneiramento ou moagem prévia. Com estes resultados de módulo de finura tão elevados, os resultados terão efeitos negativos sob o concreto, pois sua boa qualidade e bons resultados a compressão deve-se diretamente ao módulo de finura das cinzas.



Vale salientar que o índice de condutividade e atividade pozolânica influenciam diretamente na reatividade das cinzas, tornando a moagem um fator importante. Como não há parâmetros ou normas que oriente os processos de moagem, foi realizado processo na betoneira, como indicado no item 2.4 da metodologia (VANDERLEI et. al., 2014; TRINDADE, 2015).

O método de intervenção adotado, foi escolhido por ser o mais adequado em uma obra, fazendo esta moagem na própria betoneira e com os próprios materiais que serão confeccionados para o concreto.

Após a moagem (Tabela 4), o resultado obtido ainda não foi exatamente o desejável, conforme o citado acima na literatura (SAMPAIO et. al., 2014). No entanto, houve diminuição no valor do módulo de finura, isso se deve ao atrito das partículas de cinza e agregados graúdos no processo de rotação da betoneira. Esse resultado melhorou a qualidade da cinza, pois ficou próximo do resultado requerido, e pelo fato de ter reduzido significativamente o seu módulo de finura, o processo atende as necessidades.

Adotou-se a moagem prévia para confecção do concreto com as substituições, levando-se em consideração que as cinzas serão mantidas na betoneira, com os agregados graúdos, com adição de cimento, e agregado miúdo por mais tempo, o que auxiliará na moagem das cinzas, reduzindo seu módulo de finura.

Definidos os parâmetros para a moagem prévia da cinza de bagaço de cana-de-açúcar, procedeu-se com a realização dos ensaios de resistência a compressibilidade. Os dados obtidos encontram-se descritos na Tabela 5.

Ensaio (Porcentagem de substituição)	Resistência (MPa)	
	7 dias	28 dias
1 (padrão)	16,55 ± 1,01	31,71 ± 1,18
2 (10%)	18,32 ± 0,29	29,99 ± 1,86
3 (15%)	18,26 ± 0,32	27,99 ± 0,24
4 (20%)	16,45 ± 0,31	27,50 ± 0,48

Tabela 5 – Ensaio de resistência à compressibilidade

Os resultados obtidos após os rompimentos a compressão dos corpos de prova (Tabela 5), aos 7 dias de cura, apresentaram valores maiores do que o traço padrão, para as substituições de 10% e 15%, resultando em um aumento na resistência, de aproximadamente, 10,69% e 10,33% respectivamente. Já o concreto com 20% de CBC, apresentou queda no valor da resistência, para 7 dias, de aproximadamente 0,61%, comparado ao concreto de traço padrão. Estes resultados se mostram semelhantes aos encontrados por Ávila et al. (2016), embora estes autores tenham examinado a evolução da resistência por um período maior, ainda assim com viés de alta para a mistura com substituição.

Fortes semelhanças também foram observadas na comparação com os resultados encontrados por Lima et al. (2011), que embora tenham utilizado porcentagens maiores (30 e 50% de CBC), seus resultados foram muito próximos aos do concreto padrão, quando utilizando-se de cimento Portland. Mesma tendência foi encontrada, quando comparado aos resultados de Alves e Andrade (2018), que estudaram, não somente o concreto, mas também a resistência da argamassa com substituição.

O resultado do  $f_{ck}$  aos 28 dias (Tabela 5) apresentam valores de resistência bastante significativos, quando comparados ao traço padrão, especialmente aqueles com percentuais de mistura de 10 e 15%, plenamente em consonância com dados obtidos pela literatura disponível. Embora os resultados tenham se situado um pouco abaixo do esperado, deve ser lembrado que a proposta da dosagem foi uma estimativa de 20 Mpa aos 28 dias, registrando-se uma extrapolação ao redor de 50%, o que representa uma margem de segurança para a resistência do concreto, bastante relevante. No que tange aos valores pertinentes à mistura com 20% de CBC, o resultado também se assemelha aos encontrados em pesquisas afins. Diante dos resultados obtidos, não resta dúvidas sobre a viabilidade técnica e econômica na aplicação do concreto com adição da CBC, para as mais diversas destinações na construção civil (LIMA et al., 2011; ÁVILA et al., 2016; ALVES e ANDRADE, 2018).

Ainda no que concerne à viabilidade, os resultados alcançados mostram que é possível a utilização desse resíduo na confecção do concreto, minimizando os impactos ambientais, buscando reduzir a extração de minérios para a fabricação do cimento. Como se sabe, as extrações de minérios levam a impactos ambientais severos, contribuindo com a destruição de habitat, escassez e contaminação das águas, alterações na flora e fauna, escassez e extinção de fontes e jazidas, aumento de partículas a emissão de gases e materiais em suspensão no ar, entre outros, fazendo com que haja mudanças físicas, químicas e biológicas, levando o meio circundante a um estado estéril (CASTRO e MARTINS, 2016).

Esta viabilidade possibilita minimizar também os impactos ambientais provocados pelo processo produtivo do cimento, evidenciando o paradigma de sustentabilidade na construção civil, que se mostra promissor ao aproveitar o material descartável na forma de bagaço.

De acordo com dados do Sindicato Nacional da Indústria do Cimento – SNIC, o Brasil é o sexto maior produtor de cimento do mundo, com uma produção de 59,2 milhões de toneladas/ano e com estimativa de crescimento da ordem de 14% a partir 2010, como resposta a expansão do setor da construção civil (ABCP, 2016).

Conforme Belato (2013), cada quilo de cimento substituído representa economia de recursos naturais e, ao mesmo tempo, um decréscimo na emissão de gases do efeito estufa na atmosfera. Este processo decorre da decomposição química do calcário, sua principal matéria-prima, a qual produzirá de 60 a 65% das emissões totais de gases. O restante dos gases é emitido devido à combustão dos combustíveis usados, sendo que até 60% deles podem ser queimados no pré-calcinador.

Como se vê, a indústria de cimento, que é um dos componentes básicos do concreto, é responsável pela emissão de cerca de 5 a 7% do total mundial de dióxido de carbono. No Brasil, para cada tonelada de clínquer produzido, que é o nome dado a massa crua utilizada na fabricação do cimento, são liberados na atmosfera ao menos 700 kg de gás CO<sub>2</sub> (ÁVILA et al., 2016). Desta maneira o setor da construção civil, ao aproveitar materiais recicláveis, como é o caso da CBC, desempenha um papel fundamental para a realização dos objetivos globais do desenvolvimento sustentável.

Ainda secundo Ávila et al. (2016), o Conselho Internacional da Construção (CIB) aponta a indústria da construção como o setor de atividades humanas que mais consome recursos naturais e utiliza energia de forma intensiva, gerando consideráveis impactos ambientais, em especial os impactos devido à geração de resíduos sólidos, líquidos e gasoso em suas diversas atividades.

Destaque-se ainda, que cada quilograma de cimento substituído, além de representar um ganho ecológico, também se mostra economicamente compensador. A conta pode ser feita considerando-se que em um metro cúbico de concreto, com consumo de 300 Kg e substituição de 10% de CBC, a economia será de 30 kg de cimento, ou seja, aproximadamente R\$ 78,00, considerando-se o quilo do cimento a R\$ 2,65. Projeta-se esta economia para o volume necessário a uma obra de médio ou grande porte e se terá um ganho substancial, seja para o meio ambiente, seja para o bolso.

A constante preocupação com a preservação do meio ambiente tem incentivado a busca de diversas alternativas para substituição dos agregados naturais ou do cimento com incorporação de certos resíduos na confecção de argamassas e concretos (MACEDO, 2009). Desta forma, as cinzas do bagaço de cana ou CBC, que são constituídas basicamente de dióxido de silício SiO<sub>2</sub>, podendo substituir com vantagem, parte do cimento no concreto e argamassas sem prejuízo de suas propriedades.

#### 4 | CONCLUSÃO

O emprego da CBC substituindo parcialmente o cimento Portland para confeccionar o concreto é viável. Esta substituição se torna possível se o material envolvido tiver propriedades similares ao cimento, sendo o caso da cinza de bagaço de cana-de-açúcar (CBC) utilizada neste trabalho.

Observou-se a necessidade de uma moagem prévia da CBC, para adquirir um módulo de finura menor, para que o concreto pudesse apresentar melhores resultados de resistência a compressão. Após o processo de moagem, a qualidade das cinzas atendeu aos parâmetros esperados. O emprego da moagem na betoneira é de procedimento simples e minimiza custos, podendo ser feito no canteiro de obras, sem a utilização de outros equipamentos caros.

O concreto produzido com a CBC, mostrou ser eficiente em termos de resistência

a compressão, obtendo bons resultados na produção do concreto com substituições de 10% e 15% de CBC, com 7 dias de cura. Para 28 dias, os dados obtidos mostraram-se pouco abaixo dos valores para o concreto padrão, porém, com dados ainda promissores. Essa substituição contribui para a redução dos impactos ambientais, como os descartes da CBC no solo, extração de minérios e lançamento de gases na atmosfera, provenientes da fabricação do cimento e a diminuição de custos nas construções civis.

## REFERÊNCIAS

ABBASA, A.; ZARGAR, A. **Using Bagasse Ash in Concrete as Pozzolan**. Middle-East Journal of Scientific Research, v. 13, n. 6, p. 716-719, 2013.

ALVES, R. V.; ANDRADE K. G. **A viabilidade da substituição parcial do cimento Portland pelas cinzas do bagaço de cana-de-açúcar**. II Congresso Nacional de Pesquisa e Ensino em Ciências, Anais. Campina Grande, 2018.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND. **Produção e consumo de cimento no Brasil**. Disponível em: <http://www.cimentoverdedobrasil.com.br/producao-e-consumo-de-cimento-no-brasil/>. 2016.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 9776: **Agregados: determinação da massa específica de agregados miúdos por meio de frasco de Chapman**. Rio de Janeiro, 1987.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 11579: **Determinação do índice de finura por meio da peneira 75  $\mu\text{m}$** . Rio de Janeiro, 2012.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR NM 45: **Agregados – Determinação da massa unitária e do volume de vazios**. Rio de Janeiro, 2006.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR NM 248: **Agregados – Determinação da composição granulométrica**. Rio de Janeiro, 2003.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 6467: **Agregados – Determinação do inchamento do agregado miúdo – Método de ensaio**. Rio de Janeiro, 2006.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 12655: **Concreto – Preparo, controle e recebimento**. Rio de Janeiro, 1996.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR NM 67: **Concreto–Determinação da Consistência pelo Abatimento do Tronco de Cone**. Rio de Janeiro, 1998.

ÁVILA, T.C.; FERNANDES, S. E.; AKASAKI, J. L. **A influência da substituição de cimento por cinza do bagaço de cana-de-açúcar (CBC) em concretos**. Revista Científica ANAP Brasil, v.9, n.17, p. 35 – 46, 2016.

BELATO, M. N. **Análise da geração de poluentes na produção de cimento Portland com o co-processamento de resíduos industriais**. 171p. Dissertação (Engenharia Mecânica) – Universidade Federal de Itajubá, Itajubá 2013.

CALADO, C. F. A.; CAMÕES, A.; JALALI, S.; BARKOKÉBAS JUNIOR, B. **Concreto auto- adensável (CAA), mais do que alternativa ao concreto convencional (CC)**. Recife: EDUPE, 2015.

- CASTRO, T. R.; MARTINS, C. H. **Caracterização das cinzas do bagaço de cana-de-açúcar como material alternativo para a redução de impactos ambientais**. Mix Sustentável, v. 2, n. 1, p. 12-19, 2016.
- CORDEIRO, G. C.; TOLEDO FILHO, R. D.; FAIRBAIRN, E. M. R. **Caracterização de cinza do bagaço de cana-de-açúcar para emprego como pozolana em materiais cimentícios**. Química Nova, v.32, n.1, p. 82 - 86, 2009.
- DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS DE RODAGEM. Método de Ensaio – ME 081/98: **Agregados - determinação da absorção e da densidade real do agregado graúdo**. Rio de Janeiro, 1998.
- FERNANDES, S.E.; TASHIMA, M.M.; MORAES, J.C.B.; ISTUQUE, D.B.; FIORITI, C.F.; MELGES, J.L.P.; AKASAKI, J.L. **Cinza de bagaço de cana-de-açúcar (CBC) como adição mineral em concretos para verificação de sua durabilidade**. Revista Matéria, v. 20, n.4, p. 909 – 923, 2015.
- KISHORE, R.; BHIKSHMA, V.; PRAKASH, P. J.; **Study on strength characteristics of high strength rice husk ash concrete**. Procedia Engineering, v. 14, p. 2666-2672, 2011.
- LIMA, S. A.; SALES, A.; ALMEIDA, F. C. R.; MORETTI, J. P.; PORTELLA, K. F. **Concretos com cinza do bagaço da cana-de-açúcar: avaliação da durabilidade por meio de ensaios de carbonatação e abrasão**. Ambiente Construído, v. 11, n. 2, p. 201-212, 2011.
- MACEDO, P. C. **Avaliação do desempenho de argamassas com adição de cinza do bagaço de cana-de-açúcar**. 116 p. Dissertação (Engenharia Civil) - Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira, 2009.
- PAULA, M. O. **Potencial da cinza do bagaço de cana-de-açúcar como material de substituição parcial de cimento Portland**. 77 p. Dissertação (Engenharia Agrícola) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2006.
- REZENDE, M. F. **Uso de cinza de bagaço de cana-de-açúcar em cimento Portland como mecanismo de desenvolvimento limpo**. 120 p. Tese (Doutorado em Engenharia de Materiais) – Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2016.
- SAMPAIO, Z. L. M.; SOUZA, P. A. B. F.; GOUVEIA, B. G. **Análise da influência das cinzas do bagaço de cana-de-açúcar no comportamento mecânico de concretos**. Revista IBRACON de estruturas e materiais. v. 7, p. 626-647, 2014.
- SALES, A. T. C.; ALFERES FILHO, R. S. **Efeito do pó de resíduo cerâmico como adição ativa para o concreto**. Ambiente Construído, v. 14, n. 1, p. 113-125, 2014.
- SULIMAN, M. E.; ALMOLA, S. M. F., **The use of Sugarcane Bagasse ash as an Alternative Local Pozzolanic Material: Study of Chemical Composition**. Science Vision, Vol.16-17, p. 65-69, 2010.
- TEODORO, P. E.; FERREIRA, M. H. Q.; CHARBEL, D. S.; NEIVOCK. M. P.; FORMAGINI, S. **Comportamento físico-mecânico do concreto com substituição de cimento Portland por cinzas de bagaço de cana-de-açúcar**. REEC – Revista Eletrônica de Engenharia Civil, v. 6, n.2, p. 22-27, 2013.
- TRINDADE, G. H. **Influência da incorporação de cinza da casca do arroz e sílica ativa no cimento Portland frente à reação álcali-sílica: desenvolvimento de uma nova proposta de método para avaliação da RAS em materiais suplementares ao cimento Portland**. 178 p. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2015.
- VANDERLEI, R. D.; PEINADO, H. S.; NAGANO, M. F.; MOLIN FILHO, R. G. D. **Cinza do bagaço**



**de cana-de-açúcar como agregado em concretos e argamassas.** REEC – Revista Eletrônica de Engenharia Civil, v. 8, n.1, p. 21 – 31, 2014.

VERZEGNASSI, E.; LINTZ, R.C.C.; BARBOSA, L.A.G.; JACINTHO, A.E.P.G.A. **Concreto convencional com adição de borracha reciclada de pneus: estudo das propriedades mecânicas.** Estudos Tecnológicos em Engenharia, v. 7, n. 2, p. 98-108, 2011.

## **SOBRE A ORGANIZADORA**

**Franciele Braga Machado Tullio** - Engenheira Civil (Universidade Estadual de Ponta Grossa - UEPG/2006), Especialista em Engenharia de Segurança do Trabalho (Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR/2009, Mestre em Ensino de Ciências e Tecnologia (Universidade Tecnológica federal do Paraná – UTFPR/2016). Trabalha como Engenheira Civil na administração pública, atuando na fiscalização e orçamento de obras públicas. Atua também como Perita Judicial em perícias de engenharia. E-mail para contato: francielebmachado@gmail.com

Agência Brasileira do ISBN  
ISBN 978-85-7247-221-0

