



Produção do concreto ecológico: a utilização da cinza do bagaço de cana de açúcar em substituição parcial do cimento Portland

Jéssica Danielle Nascimento Lima¹
Victor Fernando Angulo Quiñonez²
Tereza Cristina Miranda de Magalhães³

Centro Universitário Newton Paiva

Resumo

O presente trabalho tem como objetivo, analisar a resistência à compressão de concretos de baixo impacto ambiental, produzidos com aproveitamento de cinzas do bagaço de cana-de-açúcar nos teores de 5, 10 e 15%. O emprego da cinza como pozolana em substituição parcial do cimento Portland tem demonstrado um grande potencial de utilização, objetivando apresentar uma opção viável para a destinação deste resíduo. Os resultados de resistência obtidos, indicam a viabilidade da utilização das cinzas do bagaço de cana-de-açúcar na aplicação de concretos ecológicos na indústria da construção civil, desde que a porcentagem a ser substituída seja adequada. Desta maneira, espera-se que a utilização da cinza do bagaço da cana-de-açúcar possa interferir economicamente e ecologicamente na produção do concreto.

Palavras-chave: Concreto Ecológico; Cinza do bagaço de cana de açúcar; Pozolana, Impacto Ambiental; Resistência.

Introdução

A incansável busca do homem por matéria-prima para a sua sobrevivência e para a produção de bens tem transformado as paisagens naturais, degradando o meio ambiente e, conseqüentemente, gerando uma quantidade excessiva de resíduos. Segundo Ângulo (2005), estima-se, no Brasil, um montante de 68,5 milhões de resíduos de construção civil produzidos por ano.

¹ Graduada em Engenharia Civil (Centro Universitário Newton Paiva). Email: jessicadanielle_jd@hotmail.com

² Mestre em Engenharia de Estruturas (UFMG), docente no Centro Universitário Newton Paiva. Email: angulo_civil@yahoo.com.br

³ Mestre em Construção Civil (UFMG), docente no Centro Universitário Newton Paiva. Email: terezacristinamagalhaes@yahoo.com.br



Para Fortes, Merighi e Bandeira (2008)⁴, as características presentes no concreto explicam tamanho “sucesso” na construção civil: alta resistência à compressão, trabalhabilidade em seu estado fresco e durabilidade em seu estado endurecido. Além disso, o concreto possui baixo custo de produção, disponibilidade abundante de seus constituintes e a fácil manipulação e aplicação.

Dentro do contexto apresentado, nos últimos anos, tem-se intensificado as pesquisas mundiais com o intuito de reduzir o volume de cimento empregado na elaboração de concretos. Uma das maneiras de diminuir estes índices está relacionada à substituição parcial do volume de cimento por uma ou mais adições minerais que atuam quimicamente, como as pozolanas ou materiais com ação física. Em geral, estes materiais são resíduos de processos industriais ou agroindustriais.

Diante do panorama apresentado, estudos relacionados com a aplicação de cinzas agroindustriais como aditivo mineral são de grande valia, uma vez que podem possibilitar a produção de concretos com maior resistência e durabilidade, além de propiciar a redução de custos e de impactos ambientais decorrentes da disposição dos resíduos (CORDEIRO, 2006).

A possibilidade de incorporação, pela indústria do concreto, de resíduos agroindustriais merece destaque no Brasil, principalmente em razão dos grandes montantes gerados anualmente. Neste aspecto, a cinza do bagaço de cana-de-açúcar, em virtude da presença preponderante de sílica na composição química, apresenta-se como matéria-prima potencial para a produção de cimento composto e/ou de aditivo mineral pozolânico para pastas, argamassas e concretos.

O objetivo deste trabalho é desenvolver um estudo sobre a produção do concreto ecológico com a utilização do bagaço da cana-de-açúcar, analisando a propriedade de resistência à compressão do concreto produzido com substituição parcial do cimento Portland pela cinza do bagaço da cana de açúcar.

⁴http://www.ibracon.org.br/eventos/50cbc/pav_apresentacoes/RITA_FORTES.pdf.



Metodologia

Cinza do Bagaço da Cana-de-Açúcar

Adições Minerais

A ABNT NBR 11172/1990 recomenda a utilização do termo “adição” para designar “produto de origem mineral adicionado aos cimentos, argamassas e concretos, com a finalidade de alterar suas características” e do termo “aditivo” para “produto químico adicionado em pequenos teores às caldas, argamassas e concretos com a finalidade de alterar suas características no estado fresco e/ou no endurecido”.

Segundo Moraes (2012), as adições minerais diferem dos aditivos químicos pelo fato de somar ou substituir o cimento devido às suas propriedades semelhantes às do mesmo, enquanto que os aditivos químicos alteram as características do cimento sem alterar sua proporção na composição do mesmo.

As adições minerais podem ser classificadas de acordo com a Tabela 1:

TABELA 1 - Classificação e exemplo de aditivos minerais

Características e Propriedades	Aspectos e Relações
Cimentantes	Escória granulada de alto-forno
Superpozolanas	Sílica Ativa Metacalium Cinzas de casca de arroz
Pozolanas comuns	Cinzas volantes com baixo teor de cálcio Argilas calcinadas Materiais naturais (origem vulcânica e sedimentar)
Pozolanas pouco reativas	Escória de alto-forno resfriada lentamente Cinzas de forno Escória de caldeira Palha de arroz queimada em campo
Adições inertes (filler)	Calácio, pó de cálcio, pó de pedra

Fonte: MEHTA;MONTEIRO, 2008 (Adaptado)

É importante frisar que as adições minerais melhoram as propriedades do concreto, mas não se deve esperar que possam compensar a baixa qualidade dos constituintes do concreto ou de um traço pobre.



Uso da cinza do bagaço da cana-de-açúcar como adição mineral

As pozolanas, mais comumente empregadas em conjunto com o cimento Portland, compreendem desde materiais altamente reativos, como sílica ativa, até materiais de menor reatividade, como cinza volante e resíduos de blocos cerâmicos. Nos últimos anos, um novo material tem sido alvo de pesquisas com vistas ao aproveitamento como pozolana. Trata-se da cinza do bagaço de cana-de-açúcar, resíduo final do processo de produção de açúcar e álcool a partir da cana-de-açúcar.

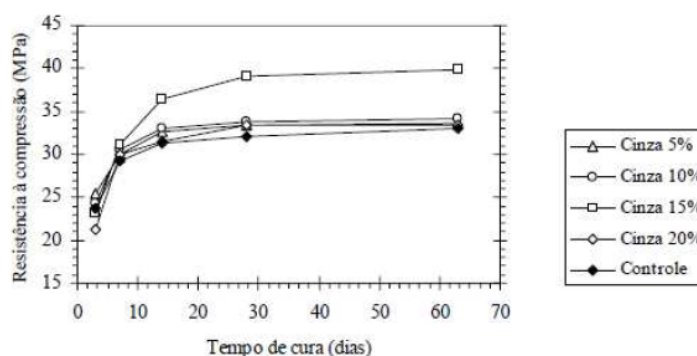
O último resíduo gerado pela cadeia da cana-de-açúcar são as cinzas da queima do bagaço, geradas na ordem de 25 kg de cinza para cada tonelada de bagaço (CORDEIRO, 2006).

De acordo com as condições de queima adotadas, é possível manter a sílica contida no bagaço em estado amorfo. Essa característica pode possibilitar o emprego desse resíduo como pozolana e, conseqüentemente, reduzir as despesas e o impacto ambiental relativos à sua disposição no meio ambiente. Além disso, a incorporação da CBCA pode agregar valor econômico ao resíduo agroindustrial e proporcionar vantagens técnicas e ambientais com a substituição parcial de cimento Portland.

Freitas *et al.* (1998) verificaram a influência da substituição de cimento *Portland* por cinza do bagaço na resistência à compressão de argamassas. Para tal, utilizou-se uma cinza residual classificada na peneira de 75 μm em argamassas com relação água-material cimentício de 0,48. Misturas com teores de substituição de 5%, 10%, 15% e 20% foram confeccionadas, além da argamassa de controle, composta exclusivamente por cimento *Portland* como material cimentício. A mistura com 15% de cinza do bagaço apresentou os melhores resultados de resistência à compressão até os 63 dias de cura, como pode ser observado na Figura 1. Os valores de resistência obtidos para as misturas com os demais teores de substituição não apresentaram diferenças significativas entre si e com relação à argamassa de controle.



FIGURA 1- Resistência à compressão de argamassa com diferentes teores de cinza do bagaço de cana-de-açúcar em substituição ao cimento Portland



Fonte: (FREITAS et al.(1998))

Os estudos desenvolvidos indicam que a cinza residual do bagaço de cana-de-açúcar apresenta composição química adequada ao emprego como adição mineral, principalmente no que se refere aos teores de dióxido de silício e perda ao fogo. Entretanto, a distribuição granulométrica variável da cinza, própria de um sistema de obtenção sem qualquer classificação, aponta para a necessidade de moagem para elevar a reatividade, pelo aumento da superfície específica das partículas, e conferir maior homogeneidade ao material (CORDEIRO, 2006). Por fim, Lima, Sales, Moretti e Santos (2010) afirmam que o uso de CBCA substituindo o agregado miúdo ou cimento *Portland* é viável, desde que também seja investigada a durabilidade dos materiais (concretos e argamassas) para que se possam estabelecer melhores parâmetros de utilização.

Materiais e Métodos

Determinação do traço CBCA

Para a determinação do traço para estudo, foi definido adotar o método de dosagem preconizado pela Associação Brasileira de Cimento Portland (ABCP). Conforme Rodrigues (1983), a utilização desse método exige o conhecimento prévio das seguintes informações: em relação aos materiais, o tipo, massa específica e nível de resistência aos



28 dias do cimento a ser utilizado, análise granulométrica e massa específica dos agregados disponíveis, e massa unitária compactada do agregado graúdo. E em relação ao concreto, faz-se necessário as informações da dimensão máxima característica admissível, consistência desejada do concreto fresco medida pelo abatimento do tronco cônico, condições de exposição ou finalidade da obra e resistência de dosagem do concreto.

Para o concreto, o tipo de cimento utilizado foi o CP II-E 32, com massa específica igual a 3.100 kg/m^3 e resistência à compressão (nominal) do cimento igual a 32 MPa.

Utilizando o método de dosagem da ABCP, obteve-se o traço do concreto em peso. Esse traço (CAB) é feito em relação ao peso do cimento. Com a relação ao saco de cimento, têm-se o seguinte traço: 1 : 1,96 : 0,84 : 1,98, com a relação de água/cimento (a/c) igual a 0,56.

Logo, como a dosagem adotada foi feita utilizando 3,5 kg (quilogramas) de cimento, foi necessário multiplicar todo o traço por 3,5 kg. A Tabela 2 apresenta respectivamente, a massa dos materiais para as moldagens do concreto convencional, concreto com substituição de 5% do cimento Portland pela CBCA, concreto com substituição de 10% do cimento Portland e concreto com substituição de 15% do cimento Portland.

TABELA 2 - Massa dos materiais para moldagem do concreto

Material	Concreto Convencional (Kg)	Concreto 5% de Cinza (Kg)	Concreto 10% de Cinza (Kg)	Concreto 15% de Cinza (Kg)
Cimento	3,5	3,325	3,15	2,975
Cinza	-	0,175	0,35	0,525
Areia	6,86	6,86	6,86	6,86
Brita 0	2,94	2,94	2,94	2,94
Brita 1	6,93	6,93	6,93	6,93
Água	1,96	1,96	1,96	1,96

Fonte: Dados realizados pelo autor

Os corpos de prova dos traços de concreto produzidos, foram objetos de ensaio de resistência à compressão, conforme ABNT NBR 5739:2007. Os ensaios foram feitos com 7, 14, 28 e 45 dias de idade.



Procedimentos Normatizados

Os ensaios realizados foram: verificação da composição granulométrica da amostra, determinação da consistência pelo abatimento do tronco de cone (slump teste) e ensaio de compressão de corpos-de-prova cilíndricos. O procedimento de preparo do concreto foi feito segundo as instruções da ABNT NBR 5739:2007. Abaixo, descrever-se-ão os procedimentos seguidos para a realização destes.

Determinação da Composição Granulométrica

Para a realização desse ensaio, baseou-se no que determina a ABNT NBR – Norma Mercosul NM 248:2003, dispondo-se dos seguintes equipamentos:

- a) bandeja para pesagem;
- b) balança com resolução/precisão de 0,01g;
- c) peneiras da série normal (incluindo tampa e fundo) – marca: Bronzinox;
- d) agitador de peneiras eletromecânico – marca: Solocap;
- e) pincel.

Para a determinação da composição granulométrica, fez-se o ensaio para a areia, a cinza, a brita 0 e a brita 1.

Preparo do Concreto

Para o preparo do concreto, foram utilizados os seguintes equipamentos:

- a) betoneira CS-145;
- b) balança com resolução/precisão de 0,01g.

FIGURA 2 - Produção do Concreto Convencional e Concreto CBCA



Fonte: Dados realizados pelo autor

Moldagem dos corpos de prova

Após o preparo do concreto convencional e concreto CBCA, antes de realizar a moldagem dos CPs, fez-se a determinação do abatimento tronco cônico que foi realizado seguindo o que preconiza a ABNT NBR NM 67:1998. Os equipamentos utilizados foram:

- molde em forma de tronco de cone metálico com as medidas solicitadas pela norma;
- haste de aço de seção circular para compactar a amostra;
- placa base quadrada para apoiar o tronco de cone;
- concha, gola, régua metálica e trena.

FIGURA 3 - Realização Slump





Fonte: Dados realizados pelo autor

Posteriormente realizou-se a moldagem dos corpos de prova (CPs) utilizando a ABNT NBT 5738:2003 como base para esse procedimento. Para a realização desses, utilizou-se os seguintes equipamentos:

- a) moldes cilíndricos de aço com dimensões de 10 cm de diâmetro por 20 cm de altura;
- b) haste de aço de seção circular para compactar os CPs.

FIGURA 4 - Moldagem dos CPs



Fonte: Dados realizados pelo autor

Ensaio de resistência à compressão

Para a realização desse ensaio de resistência a compressão dos CPs, baseou-se no que determina a ABNT NBR 5739:2007, dispondo-se dos seguintes equipamentos:

- a) prensa elétrica digital – marca: Contenco;
- b) pratos de compressão de aço;
- c) retífica – marca: Brasil Solos;

Inicialmente, antes de romper os CPs, realizou-se a retífica dos mesmos conforme a ANBT NBR 5738:2003.



TABELA 3 - Caracterização dos CPs

Tempo de Cura	Moldagem dos CPs	Desforma dos CPs	Ensaio de resistência à compressão
7 dias	21/out	22/out	28/out
14 dias	20/out	21/nov	03/nov
28 dias	30/set	01/out	28/out
45 dias	23/set	24/set	07/nov

Fonte: Dados realizados pelo autor

Nas idades de 7 e 14 dias, foram ensaiados os CPs com o intuito de acompanhar a evolução da resistência à compressão do concreto.

Ensaios

Todas as práticas foram realizadas no laboratório de Engenharia Civil do Centro Universitário Newton Paiva, seguindo os seguintes ensaios e procedimentos: verificação da composição granulométrica da amostra, confecção do traço, execução, avaliação da consistência do concreto, moldagem, armazenamento, cura e rompimento dos corpos de prova.

Foram produzidos 4 traços, com 1 Slump para cada traço, e com 4 corpos de prova, todos para cada idade de cura. Além disso, foram rompidos 3 corpos de prova de cada traço para verificação da resistência à compressão.

Resultados e Discussão

Análise do ensaio de abatimento

Ao ser produzido, cada traço de concreto passou pelo ensaio de abatimento de tronco de cone, conforme preconiza a ABNT NBR NM 67:1998, para verificação de sua consistência.

Foi observado durante o preparo das amostras de concreto uma interferência razoável da CBCA no abatimento do concreto, tendo como consequência um concreto mais pastoso



quanto maior o teor de CBCA. Em geral, pode-se afirmar que os concretos desenvolvidos apresentaram trabalhabilidade e coesão adequados para a moldagem dos corpos de provas. Não foi observada a ocorrência de exsudação ou segregação dos materiais. A Tabela 4 apresenta o resultado do slump realizado para as diferentes porcentagens utilizadas.

TABELA 4 – Slump (cm)

Slump	Concreto Convencional	Concreto 5% de Cinza	Concreto 10% de Cinza	Concreto 15% de Cinza
7 dias	5	1,5	1	1
14 dias	4	2,5	2	1,5
28 dias	4	3,5	2,5	2
45 dias	4,5	3	2	2

Fonte: Dados realizados pelo autor

Resistência à compressão

A Tabela 5 apresenta os resultados da resistência à compressão de todos os corpos de prova realizados. E a Tabela 6 apresenta os resultados calculados da resistência média à compressão entre os corpos de prova rompidos para cada um dos traços e idades.

TABELA 5 - Resistência à compressão dos CPs (MPa)



Tempo de Cura	Concreto Convencional	Concreto 5% de Cinza	Concreto 10% de Cinza	Concreto 15% de Cinza
7 dias	20,1	18,1	14,5	4,5
	21,4	20,5	13,8	15,7
	20,2	15,8	15,2	13,2
14 dias	23,7	19	20,4	18,4
	24,8	18,3	21	16,8
	24,5	20,1	19,3	14
28 dias	33,9	26,9	25,1	19,3
	30,7	25	23,3	21,3
	25,8	28,3	25,8	21,2
45 dias	30,7	31,3	31	23,4
	29	28,6	32,4	24,3
	27,5	32,8	26,9	24,7

Fonte: Dados realizados pelo autor

TABELA 6 - Resistência média à compressão dos CPs (MPa)

Tempo de Cura	Concreto Convencional	Concreto 5% de Cinza	Concreto 10% de Cinza	Concreto 15% de Cinza
7 dias	21	18,1	14,5	14,5
14 dias	24,3	19,1	20,2	16,4
28 dias	30,1	26,7	24,7	20,1
45 dias	30,7	30,1	30,1	24,1

Fonte: Dados realizados pelo autor

Para o concreto convencional foi obtido uma resistência aos sete primeiros dias de 21 MPa, enquanto que o concreto com 5% CBCA atingiu uma resistência de apenas 18,1 MPa, fato que comprova o que foi mostrado em estudos anteriores que a influência da CBCA na resistência do concreto não ocorre de maneira imediata e se acentua ao longo do tempo.

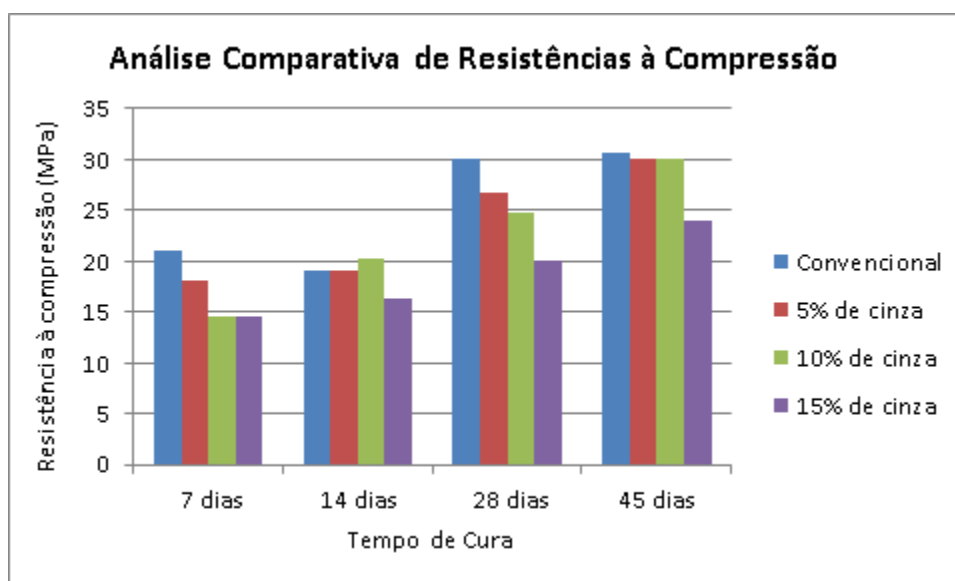
Aos 28 dias, a mistura com 5% de CBCA apresenta 26,7 MPa da resistência, já o concreto com 10% de CBCA a resistência foi de 24,7 MPa. O fato da CBCA e o cimento serem materiais que apresentam diferentes tensões superficiais pode ter contribuído para este



resultado. Apesar disso, é possível afirmar que houve uma interação física entre os componentes do concreto, isto é, ocorreu um empacotamento das partículas existentes.

A evolução da resistência à compressão é compreendida no Gráfico 1, que permite uma melhor avaliação a respeito do comportamento do concreto endurecido ao longo do tempo determinando-se as taxas de crescimento das resistências à compressão axial.

GRÁFICO 1 - Análise Comparativa de Resistências à Compressão



Fonte: Dados realizados pelo autor

É possível perceber que, entre 07 e 28 dias, a taxa de crescimento da resistência do concreto com 5% de CBCA foi superior em relação à mistura com teor de 15% de CBCA. De posse deste resultado e com base nas revisões bibliográficas realizadas, pode-se concluir que há uma redução da resistência à compressão axial, ao longo do tempo, à medida que o teor de cinza do bagaço de cana-de-açúcar aumenta.



De qualquer forma, a baixa atividade pozolânica da cinza em questão é, provavelmente, a principal responsável por um comportamento mecânico inferior à mistura convencional para as menores idades. Essa baixa atividade pozolânica está intimamente ligada ao tratamento em que a cinza foi submetida durante sua produção. Como citado, o bagaço foi queimado apenas uma vez em caldeira, ao passo que em outros estudos este tratamento é feito de forma a obter uma cinza bem mais queimada e moída, já que dessa maneira sua reatividade é elevada.

Considerações Finais

Este trabalho conteve-se em analisar a resistência à compressão de concretos utilizando CBCA com substituição parcial de 5, 10 e 15% em massa do cimento Portland CII-E-32. Analisou-se que tal substituição é plausível, entretanto a substituição de cimento Portland por CBCA deve estar situada na faixa de 1 a 10% para que a resistência à compressão não seja afetada.

Sendo assim, os concretos com adição da cinza do bagaço de cana-de-açúcar, tornam-se uma alternativa sustentável por estar substituindo de forma parcial o cimento Portland que é responsável por emitir dióxido de carbono para atmosfera, agravando assim o efeito estufa.

Embora a resistência à compressão tenha sido inferior ao concreto convencional, nas primeiras idades, foi possível obter concretos com resistência estrutural aplicáveis em construções.

Por fim, algumas situações são sugeridas a fim de melhorar e aprimorar o estudo exploratório realizado até este momento. Primeiramente poderiam ser analisados outros teores de substituição do cimento Portland pela CBCA com a cura mais avançada, como, por exemplo, 20% e 40%. A análise do módulo de elasticidade também é sugerida, pois é a razão entre a tensão e a deformação na direção da carga aplicada, sendo a máxima tensão que o material suporta sem sofrer deformação permanente. Além disso, a observação de um maior tempo de pega para o concreto com CBCA, motiva estudar mais detalhadamente sobre o tempo de pega e também sobre a fissuração.



Como as massas específicas dos dois materiais (cimento e CBCA) são diferentes, nesse caso pode ocorrer a obtenção de concretos com volumes diferenciados. Propõe-se, então, numa próxima pesquisa, realizar essa substituição em volume. Além disso, reavaliar o fator a/c para cada tipo de porcentagem substituída, uma vez que, a CBCA puxa a água utilizada.

A realização de ensaios mecânicos em idades mais avançadas também contribuiria para a compreensão dos efeitos causados pelo uso da CBCA como aditivo mineral, a longo prazo, nas propriedades do concreto.

Referências

ANGULO, S. C. **Caracterização de agregados de resíduos de construção e demolição reciclados e a influência de suas características no comportamento mecânico de concretos**. 2005. 236f. Tese (Doutorado em Engenharia), Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, SP, Brasil, 2005.

ASSOCIAÇÃO Brasileira de Cimento Portland – ABCP. **Composição dos Cimentos Portland**. 2002. Disponível em: <http://www.abcp.org.br/conteudo/wp-content/uploads/2009/12/BT106_2003.pdf>. Acesso em: 8 out. 2016.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **NBR NM 26. Agregados – Amostragem**. Rio de Janeiro, 2009.

_____. **NBR NM 45. Agregados - Determinação da massa unitária e do volume de vazios**. Rio de Janeiro, 2006.

_____. **NBR NM 46. Agregados - Determinação do material fino que passa através da peneira 75 um, por lavagem**. Rio de Janeiro, 2001

_____. **NBR NM 67. Concreto - Determinação da consistência pelo abatimento do tronco de cone**. Rio de Janeiro, 1998.

_____. **NBR NM 248. Agregados - Determinação da composição granulométrica**. Rio de Janeiro, 2003.

_____. **NBR NM-ISO 3310-1. Peneiras de ensaio - Requisitos técnicos e verificação. Parte 1: Peneiras de ensaio com tela de tecido metálico**. Rio de Janeiro, 2010.

_____. **NBR 5732 . Cimento Portland comum**. Rio de Janeiro, 1991.



_____. **NBR 5738. Concreto - Procedimento para moldagem e cura de corpos de prova.** Rio de Janeiro, 2015.

_____. **NBR 5739. Concreto- Ensaio de compressão de corpos-de-prova cilíndricos.** Rio de Janeiro, 2007.

_____. **NBR 7211. Agregados para concreto - Especificação** Rio de Janeiro, 2009.

_____. **NBR 11172. Aglomerantes de origem mineral.** Rio de Janeiro, 1990.

_____. **NBR 12653. Materiais pozolânicos.** Rio de Janeiro, 1992.

_____. **NBR 12654. Controle Tecnológico dos Materiais Componentes do Concreto.** Rio de Janeiro, 2006.

_____. **NBR 12655. Concreto de cimento Portland - Preparo, controle, recebimento e aceitação - Procedimento.** Rio de Janeiro, 2015.

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

FREITAS, E. G. A., RODRIGUES, E. H. V., ARAÚJO, R. C. L., FAY, L. **Efeito da adição de cinzas de bagaço de cana na resistência à compressão de argamassa normal,** In: *XXVII CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA*, v. 4, Poços de Caldas, Brasil, pp. 219-221, 1998.

FORTES, Rita Moura; MERIGHI, João Virgílio; BANDEIRA, Alex Alves. **Estudo em Laboratório do Desempenho de Diferentes Materiais Utilizados para a Cura de Base de Solo Cimentopara o 50º Congresso Brasileiro do Concreto IBRACON 2008.** Disponível em:<
http://www.ibracon.org.br/eventos/50cbc/pav_apresentacoes/RITA_FORTES.pdf>.
Acesso em: 20 ago. 2016.

LIMA, S. F., SALES, A., MORETTI, J. P., ALMEIDA, F. C. R., SANTOS, T. J. **Caracterização de concretos confeccionados com a cinza do bagaço da cana-de-açúcar.** Congresso Internacional sobre Patologia e Reabilitação de Estruturas, Córdoba, Argentina, 2010.

MEHTA, P. Kumar; MONTEIRO Paulo J. M. Durabilidade. In: _____. **Concreto: microestrutura, propriedades e materiais.** 3. ed. São Paulo: Ibracon, 2008. Cap. 5, p.121-202.

MORAES, M. **Adições Minerais ao Concreto.** Notas de aula, Pontifícia Universidade Católica de Goiás, Goiânia, GO, Brasil, 2012.

MORAES, M. **Adições Minerais ao Concreto.** Notas de aula, Pontifícia Universidade Católica de Goiás, Goiânia, GO, Brasil, 2012.



III CONGRESSO INTERDISCIPLINAR DE
PESQUISA, INICIAÇÃO CIENTÍFICA E EXTENSÃO
CENTRO UNIVERSITÁRIO METODISTA
IZABELA HENDRIX

Cidades Inclusivas:
tecnologia e governança para o bem comum

Belo Horizonte, 23 a 26 de abril de 2018

RODRIGUES, Públio Penna Firme. **Parâmetros da Dosagem Racional do Concreto.**
In: 34ª Reunião de Técnicos da Indústria do Cimento. Associação Brasileira de Cimento
Portland, 1983. Disponível em: <http://www.abcp.org.br/cms/wp-content/files_mf/34aRTIC1983.pdf>. Acesso em: 29 out 2016.