

UTILIZAÇÃO DA CINZA LEVE DE BAGAÇO DE CANA-DE-AÇÚCAR COMO MATERIAL POZOLÂNICO

Thainá Rudnick (Mestranda PVC-UEM) E-mail: thainarudnick@gmail.com.br

João Pedro Lopes (Mestrando PVC-UEM)

Carlos Humberto Martins (Professor Doutor, UEM)

Resumo: O presente trabalho tem como objetivo classificar a cinza leve do bagaço de cana-de-açúcar (CBC) como material pozolânico e testar a aplicação da mesma como substituto parcial do cimento Portland na produção de concreto. Essa ideia surgiu de duas necessidades crescentes: diminuir o uso do cimento Portland devido ao alto potencial poluidor em sua fabricação e aproveitar melhor os resíduos gerados pela grande produção de cana-de-açúcar no Brasil. A cinza leve do bagaço de cana-de-açúcar (CBC) é um resíduo proveniente da queima do bagaço de cana para produção de energia. A CBC é um pó com finura muito semelhante à do cimento Portland. Na busca por materiais substitutos ao cimento têm sido usados os chamados materiais pozolânicos, ou seja, materiais que na presença de água apresentam características aglomerantes. O potencial pozolânico da cinza foi testado com base na produção de argamassas com cal e cimento seguindo as recomendações das ABNT NBT 5752: 2014 e ABNT NBR 5751: 2015. Com o intuito de apresentar uma visão mais prática da utilização da CBC em substituição ao cimento Portland, testou-se a substituição parcial (5%) do cimento pela CBC em um traço tradicional de concreto. Os resultados obtidos foram satisfatórios, demonstrando que a CBC além de ter potencial para atividade pozolânica também não alterou significativamente as propriedades do concreto.

Palavras-chave: Cinza do bagaço de cana-de-açúcar, Cimento Portland, Pozolânico.

USE OF FLY ASH OF SUGARCANE BAGASSE AS POZZOLANIC MATERIAL

Abstract: The objective of this work is to classify the fly ash of sugarcane bagasse (CBC) as a pozzolanic material and to test the application of it as a partial substitute for Portland cement in the production of concrete. This idea came from two growing needs: to reduce the use of Portland cement due to the high polluting potential in its manufacture and to take better advantage of the waste generated by the great production of sugarcane in Brazil. Fly ash from sugarcane bagasse (CBC) is a residue from the burning of sugarcane bagasse for energy production. CBC is a powder with fineness very similar to that of Portland cement. In the search for substitutes for cement, so-called pozzolanic materials have been used, that is, materials that have agglomerating characteristics in the presence of water. The pozzolanic potential of ash was tested based on the production of lime and cement mortars following the recommendations of ABNT NBT 5752: 2014 and ABNT NBR 5751: 2015. In order to present a more practical view of the use of CBC as a replacement for cement Portland, partial replacement (5%) of the cement was tested by CBC in a traditional concrete. The results were satisfactory, showing that the CBC besides having potential for pozzolanic activity also did not significantly alter the properties of the concrete.

Keywords: Sugarcane Bagasse, Portland Cement, Pozzolanic.

1. INTRODUÇÃO

O grande potencial poluente da fabricação do cimento Portland e a crescente busca por mitigação dos impactos causados pela construção civil, geram uma necessidade de reduzir o uso do mesmo, seja pela redução das perdas nos canteiros de obra, ou pela substituição parcial do cimento.

A produção de cana-de-açúcar gera uma grande quantidade de subprodutos, entre eles o bagaço, que quando queimado para a geração de energia elétrica produz dois tipos de resíduos: a cinza leve e a cinza pesada. Sendo a cinza leve material de granulometria muito semelhante ao cimento e com possível potencial pozolânico a mesma se torna uma alternativa para substituição do cimento Portland em compostos cimentícios.

1.2 CIMENTO PORTLAND

O cimento Portland é o material de construção mais utilizado no mundo, usado na composição de concretos e argamassas, e confere a estes uma boa moldabilidade no estado fresco e alta resistência mecânica no estado endurecido. Além de ser responsável pela boa durabilidade de argamassas e concretos. (BORGES, 2014)

O relatório anual do Sindicato Nacional da Indústria do Cimento (SNIC) apontou que em 2013 foram consumidas no Brasil 71 milhões de toneladas de cimento, valor correspondente ao consumo per capita de 353 kg/hab/ano.

Além da elevada emissão de gás carbônico, que contribui com o efeito estufa, e o alto consumo de energia térmica e elétrica, a produção de cimento Portland é uma fonte de risco para a saúde dos trabalhadores, para a saúde pública e para o meio ambiente, decorrentes principalmente da exposição ao material pulverulento e às emissões de substâncias poluentes que ocorrem de forma continuada, e mesmo em concentrações reduzidas, caracterizam o risco crônico (SANTI E SEVÁ, 2004).

1.1 CINZA LEVE DO BAGAÇO DE CANA-DE-AÇÚCAR (CBC)

A produção de cana-de-açúcar surgiu no Brasil no início do período colonial (século XIV). Em meados do século XVII, com a produção destinada ao abastecimento da Europa o Brasil se tornou o maior produtor de cana-de-açúcar do mundo, num ciclo que durou 150 anos (RODRIGUES, 2006).

Atualmente, a cana-de-açúcar é uma das grandes alternativas para o setor de biocombustíveis, com grande potencial graças a produção de etanol e seus subprodutos. Além disso, as unidades de produção buscam maior eficiência energética, a partir da geração de energia elétrica, diminuindo custos e contribuindo com a sustentabilidade (CONAB,2017).

A região Centro-Sul predomina na produção da cana-de-açúcar o que pode ser justificado por fatores ambientais e climáticos, além da proximidade com o mercado consumidor. São Paulo, Paraná e os demais estados da região Centro-Sul tem verões mais chuvosos e invernos frios o que favorece a produtividade do mesmo (CONAB, 2017).

Segundo o primeiro acompanhamento da safra brasileira de cana-de-açúcar para a safra 2017/18 do Conab a área colhida na safra 17/18 deverá atingir 8.838,5 mil hectares, sendo a produtividade esperada para a temporada de 73.273 kg/há, estimando-se uma produção de 647,6 milhões de toneladas, um pouco menor do que a produção na safra anterior, 657,1 milhões de toneladas, o que se justifica pela redução de área nos principais estados produtores.

Aproximadamente 30% de toda a cana-de-açúcar processada se transforma em bagaço. Muitas usinas utilizam o bagaço para geração de energia elétrica, tornando-se autossustentáveis energeticamente, em alguns casos podendo até vender o excedente produzido (CONAB, 2017).

Estudos mostram que o uso do bagaço de cana-de-açúcar para geração de energia elétrica pode se tornar muito relevante, chegando o bagaço a ser tão rentável quanto o açúcar ou o etanol. Um fator importante é que as usinas estão localizadas próximas as cargas, propiciando redução de custo na transmissão de distribuição, além de produzirem no período de estiagem o que as torna um complemento perfeito ao regime existente de usinas hidrelétricas (CONAB, 2017).

A queima do bagaço da cana-de-açúcar gera energia elétrica capaz de manter as usinas e por vezes ainda contribuir com o abastecimento elétrico da região onde se encontra. Esse processo de queima gera dois subprodutos, conhecidos como cinza pesada do bagaço de cana-

de-açúcar e a CBC utilizada no presente trabalho. A figura 1 mostra o processo de geração desses resíduos.

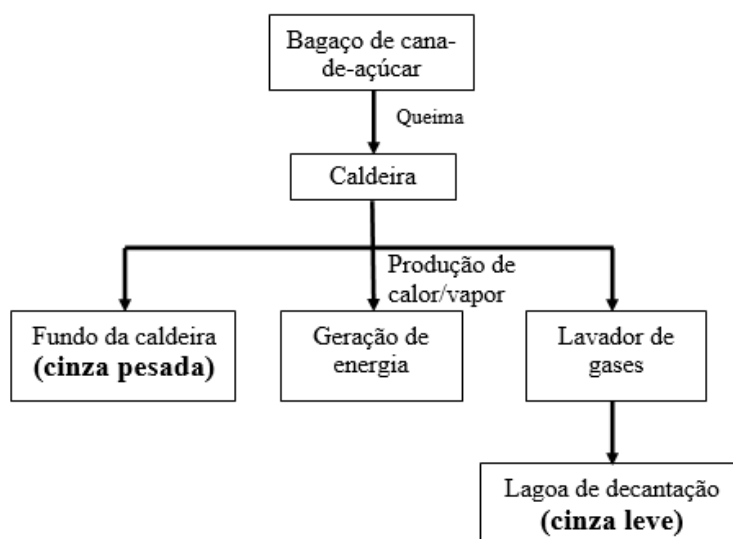


Figura 1 - Processo de queima do bagaço de cana-de-açúcar

Fatores como o tipo de cana, solo, umidade do solo e a tecnologia usada para queima influenciam a quantidade de cinza gerada. Cada tonelada de bagaço costuma gerar em torno de 25 quilos de cinzas, sendo cinza pesada semelhante a uma areia fina e a cinza leve semelhante a um pó (MARTINS, 2016).

1.3 MATERIAIS POZOLÂNICOS

A ABNT NBR 12653: 2014 define materiais pozolânicos como: materiais silicosaluminosos que, por si só, possuem pouca ou nenhuma atividade aglomerante, mas que, quando finamente divididos e na presença de água, reagem com o hidróxido de cálcio à temperatura ambiente para formar compostos com propriedades aglomerantes.

A atividade pozolânica pode ser entendida como a capacidade que determinada pozolana tem de reagir com o hidróxido de cálcio, ou seja, maior será a atividade pozolânica quanto maior for o valor de hidróxido de cálcio consumido pela pozolana (MASSAZA, 1993 apud NITA 2007)

A atividade de uma pozolana é definida principalmente por suas características físicas, químicas e morfológicas, além da disponibilidade de CH e da sua umidade (NITA, 2007)

As pozolanas podem contribuir com o ganho de resistência mecânica, redução de água e para a trabalhabilidade devido ao efeito físico das partículas na distribuição granulométrica do sistema. Fenômeno mais acentuado para as pozolanas mais finas como a sílica ativa e o metacálcio (HOLLAND, 2005 apud NITA 2007)

Os métodos comumente empregados para medir a atividade pozolânica consistem da análise da evolução dos produtos hidratados por DRX, TG e método Chapelle. Outra forma de se medir a atividade pozolânica e que é muito usual é pela evolução da resistência mecânica ao longo do tempo (NITA, 2007)

2. MATERIAIS E MÉTODOS

Os materiais utilizados para o desenvolvimento da pesquisa foram:

- cimento Portland CP-II-Z-32;
- óxido de cálcio (CaO);
- cinza leve do bagaço de cana-de-açúcar proveniente da usina Renuka Vale do Ivaí S/A;
- água proveniente da rede de abastecimento do município de Maringá-PR;
- areia fornecida pelo IPT dividida em 4 frações granulométricas (para fabricação de argamassa);
- areia normal (para produzir o concreto) e
- brita 1 das mineradoras da região de Maringá.

O primeiro passo foi a preparação da CBC para os ensaios, a mesma foi seca em temperatura ambiente, depois peneirada (sendo escolhido o material passante na peneira de 0,15 mm), resultando em um material muito semelhante granulometricamente ao cimento Portland, como se nota na figura 2.



Figura 2 – Cimento (a) e CBC (b)

A presente pesquisa consistiu em determinar a pozzolanicidade da CBC de acordo com as ABNT NBR 5751:2015 e ABNT NBR 5752:2014, sendo fabricadas para tanto, argamassas de cal e cimento, além de testar a viabilidade da substituição do cimento Portland por CBC em um traço comum de concreto.

2.1 Caracterização dos materiais

A massa específica dos aglomerantes (cal, cimento e CBC) foi determinada seguindo as orientações da ABNT NBR NM 23: 2001.

Já para a produção do concreto a areia teve sua massa específica determinada pela ABNT NBR 9976:1987, e a brita pela ABNT NBR NM 53:2003.

A CBC estudada foi enviada ao Laboratório de Materiais de Construção Civil (LMCC) do IPT, para realização do ensaio do Método de Chappelle Modificado para determinação da atividade pozzolânica.

Uma amostra da cinza estudada foi enviada para o laboratório da USP de Pirassununga, onde foi realizado o ensaio de granulometria a laser. Por se tratar de material com possível atividade pozzolânica e muito fino a análise granulométrica foi feita com etanol.

2.2 Determinação da Atividade Pozolânica – Preparação das Argamassas

Com base nas massas específicas da CBC, cal e cimento foi definida a quantidade de cinza a ser adicionada em cada traço conforme orientam as ABNT NBR 5752:2014 e da ABNT NBR 5751:2015, foram dimensionados 3 traços de argamassa.

Argamassa A – Apenas cimento

Argamassa B – Cimento + CBC

Argamassa C – Cal + CBC

Foi determinada a quantidade de água necessária para produzir argamassas com índices de consistência (225+/- 5) mm de acordo com ABNT NBR 7215:1997.

Os processos de mistura e moldagem dos corpos de prova, mostrado na figura 3, foram iguais para as argamassas de cimento e de cal, sendo orientadas pela ABNT NBR 7215: 1997.



Figura 31 – Moldagem dos corpos-de-prova

A cura dos corpos de prova seguiu procedimentos diferentes para as argamassas de cal e de cimento. Os corpos de prova de argamassa de cimento ficaram 28 dias em processo de cura que seguiu os procedimentos da ABNT NBR 5752:2014. Já os corpos de prova moldados com cal e CBC tiveram a cura estipulada em 7 dias, conforme ABNT NBR 5751:2015.

Após a cura, os corpos de prova de argamassa de cimento foram capeados com enxofre, e rompidos em prensa mecânica, enquanto que os corpos de prova de argamassa de cal, foram rompidos na prensa CBR, sem a necessidade de capeamento.

Para a determinação da atividade pozolânica pela argamassa de cimento e CBC, deve ser analisado a porcentagem de água requerida para se atingir a consistência da argamassa com CBC e cimento em relação a argamassa tradicional (apenas com cimento).

2.3 Determinação da resistência mecânica – Produção do concreto

O traço escolhido como referência foi o apresentado por Nunes (2009) e utilizado por Hojo (2015), com consumo de cimento de 367,6 kg/m³ de concreto. Com base em trabalhos estudados definiu-se a porcentagem de substituição do cimento por CBC em 5%.

A moldagem dos corpos-de-prova e cura dos mesmos seguiram as recomendações da ABNT NBR 5738:2015.

A figura 4 mostra os corpos de prova moldados e em processo de cura em câmara úmida. Ambos processos foram realizados no Laboratório de Materiais de Construção Civil (P02) na UEM.



Figura 4 – Corpos-de-prova de concreto moldados e em processo de cura em câmara úmida

Para a moldagem dos corpos de prova, foi fixado o valor de abatimento do tronco de cone de 70 mm (+/- 10 mm), acrescentando a quantidade de água necessária para que o concreto atingisse a correta consistência. Os valores de abatimento do tronco de cone foram obtidos seguindo as recomendações da ABNT NBR NM 67:1998.

A resistência à compressão foi determinada de acordo com a ABNT NBR 5739:2007. A fim de determinar a resistência característica à compressão, para cada traço foram produzidos 3 corpos de prova para serem rompidos com 7 dias, 6 corpos de prova para 28 dias e 3 corpos de prova para 56 dias.

Com o uso da mesma prensa hidráulica que o ensaio de resistência à compressão, porém com o uso da geratriz. Foram destinados 3 corpos de prova de cada traço para serem rompidos à tração na compressão na idade de 28 dias, de acordo com o prescrito pela ABNT NBR 7222:2011.

Para o ensaio de absorção descrito na ABNT NBR 9778:2009 foram destinados 3 corpos de prova na idade de 28 dias.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 CARACTERIZAÇÃO DOS MATERIAIS

A massa específica encontrada para cada material está presente na tabela 1.

Tabela 1 – Massa específica dos materiais

Material	ρ (g/cm³)
Cimento	2,957
CBC	2,198
Cal	3,089
Areia	2,639
Brita	2,7

O resultado do ensaio do índice de atividade pozolânica pelo Método de Chapelle Modificado está exposto na tabela 2.

Tabela 2 – Resultados do ensaio de atividade pozolânica IPT

Identificação dos materiais	Resultados
	Atividade pozolânica (mg Ca(OH) ₂ /g amostra)
Amostra 1 – Cinza passante na peneira 0,15 mm” (LMCC N.º 856-15)	612

A curva granulométrica da cinza estudada está presente na figura 5.

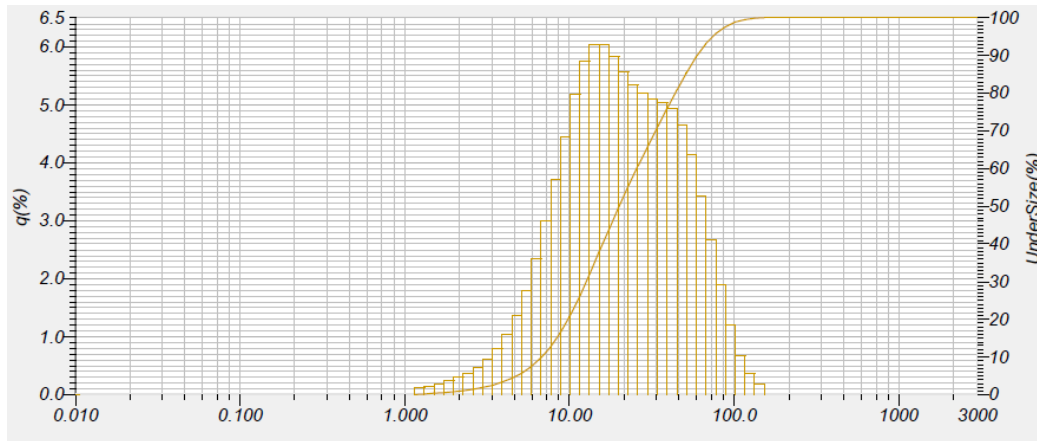


Figura 5 – Curva granulométrica da CBC

3.2 DETERMINAÇÃO DA ATIVIDADE POZOLÂNICA – ARGAMASSAS

Após a realização dos ensaios de índice de consistência para se determinar a quantidade de água para cada traço de argamassa, foi feito o dimensionamento de materiais, presente na tabela 3.

Tabela 3 - Quantidade de material em massa para os traços executados

Material	Massa necessária (g)		
	Argamassa A	Argamassa B	Argamassa C
Cimento (g)	312,0	202,8	-
Cal (g)	-	-	104,00
Material pozolânico (g)	-	81,16	149,00
Areia normal (g)	936,0	936,0	936,00
Água (ml)	155,0	195,0	225,00

A resistência dos corpos de prova da argamassa de cimento está representada na figura 6, e o resultado obtido pela argamassa com cal na figura 7.

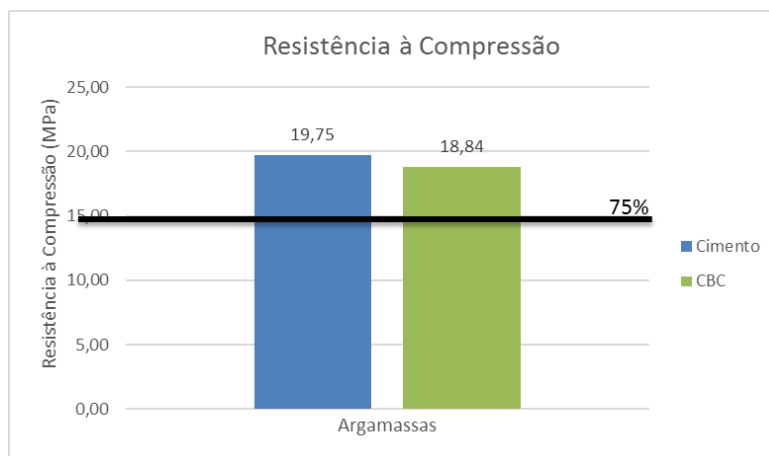


Figura 6 – Resistência à compressão dos traços de argamassa de cimento

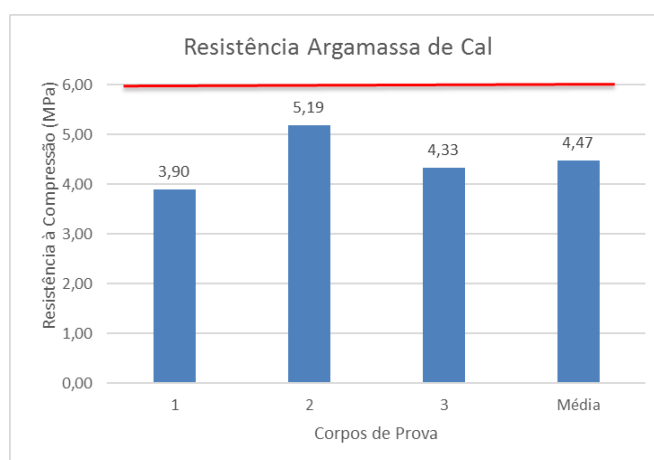


Figura 7 – Resistência à compressão da argamassa com cal e CBC

A ABNT NBR 5752: 2014 determina que para as argamassas de água e cimento, deve se obter índice de água requerida O índice de água requerida calculado para a argamassa B, calculado de acordo com a ABNT NBR 5752: 2014 foi de 125,80%.

3.3 PROPRIEDADES DO CONCRETO

Foram moldados dois traços, um traço referência (concreto convencional) e um traço com substituição parcial de 5% do cimento Portland por CBC. O traço unitário está presente na tabela 4.

Tabela 4 – Traços unitários dos concretos produzidos

Traço	Cimento	Água	Areia	Brita 1	CBC
1	1	0,5	2,06	2,94	0
2	0,95	0,54	2,06	2,94	0,05

A resistência à compressão de ambos os traços de concreto estudados, para 7, 28 e 56 dias, estão expostas a seguir na figura 8 e na tabela 5.

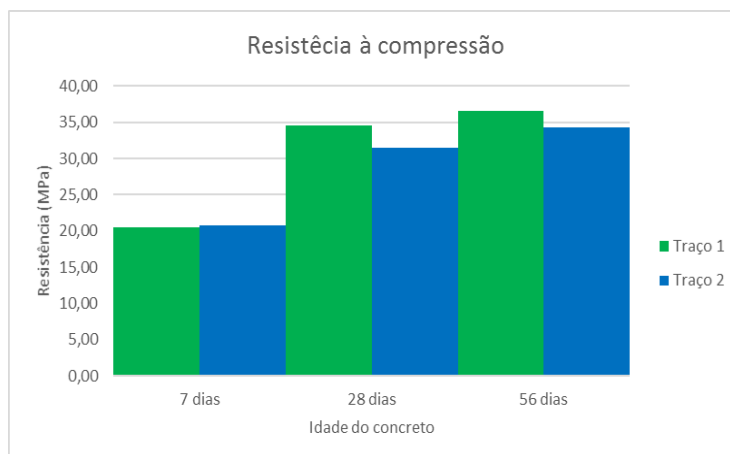


Figura 8 – Resistência à compressão dos traços de concreto

Tabela 5 – Resistência à compressão dos traços de concreto

Traço	7 dias		28 dias		56 dias	
	Resist. (MPa)	D.P. (MPa)	Resist. (MPa)	D.P. (MPa)	Resist. (MPa)	D.P. (MPa)
1	20,48	1,43	34,50	2,81	36,56	1,53
2	20,70	2,86	31,45	1,57	34,31	3,23

Os resultados para resistência à tração diametral aos 28 dias do concreto estão presentes na figura 9 e na tabela 6.

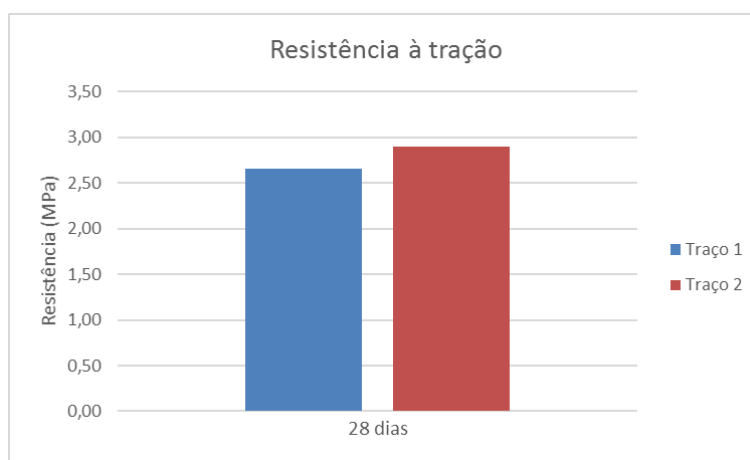


Figura 9 – Resistência à tração dos traços de concreto

Tabela 6 – Resistência à tração dos traços de concreto

Traço	28 dias	
	Resist. (MPa)	D.P. (MPa)
1	2,66	0,65
2	2,90	0,15

A tabela 7 apresenta os valores de absorção de água encontrados para os traços 1 e 2.

Tabela 5 – Absorção de água

Traço	Absorção (%)	D.P
1	4,93	0,24
2	5,31	0,68

4. CONCLUSÕES

Verificou-se no ensaio de massa específica que a CBC é um material mais leve do que a cal e o cimento, que apresentam densidades bastante parecidas. Da curva granulométrica da cinza nota-se que a mesma se assemelha a um material siltoso.

A ABNT NBR 15895: 2010 afirma que para um material ser considerado pozolânico, o mesmo deve apresentar 436mg Ca (OH)₂ / pozalana, sendo a CBC mostrou-se satisfatória, apresentando 612 mg Ca (OH)₂ / pozalana.

Analisando os requisitos que a ABNT NBR 12653:2014 estabelece, a CBC atende ao índice de atividade pozolânica com cimento aos 28 dias, em relação ao controle, a argamassa B apresentou cerca de 95% da resistência da argamassa A que representa o traço de referência.

Enquanto isso o índice de água requerida da argamassa de CBC e cimento não atingiu o resultado esperado. A CBC consome mais água do que o cimento para atingir a mesma consistência, ultrapassando o limite estabelecido pela ABNT NBR 12563: 2014. Deve-se estudar alternativas para usar menos água na preparação da argamassa, podendo ser estudado o uso de algum plastificante.

Já a argamassa moldada com cal e CBC não atingiu o limite de 6 MPa recomendado pela ABNT NBR 5751: 2015, apresentando 4,47 MPa de resistência média. Essa diminuição pode ter sido influenciada pela cal utilizado.

O material apresenta potencial pozolânico, por atender o índice de atividade pozolânica com cimento aos 28 dias, porém, é preciso analisar os demais fatores, tais como a reação do material com a cal e também o índice de água requerida, que devem ser estudados em trabalhos futuros.

A substituição parcial de cimento por CBC no concreto, entretanto, não alterou significativamente os resultados de resistência, apresentando em relação ao traço original um leve declínio na resistência à compressão e um aumento na resistência à tração. A absorção de água não sofreu grande alteração, se mantendo dentro dos limites especificados pela ABNT NBR 9778: 2009.

Sendo assim, pode-se concluir que a cinza leve do bagaço de cana-de-açúcar apresenta potencial como possível material substituto ao cimento, pois além de apresentar potencial pozolânico a mesma mostrou bom comportamento ao ser adicionada ao concreto.

Além do grande benefício ao meio ambiente proporcionado pela redução da produção de cimento Portland em consequência reduzindo a emissão de gás carbônico e a reutilização de um resíduo industrial a substituição de CBC por cimento, ainda gera vantagens econômicas por substituir um material de alto valor agregado por um material até então sem valor algum.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPQ) pela concessão da bolsa de estudos.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *ABNT NBR 23: Cimento Portland e outros materiais em pó – Determinação da massa específica.* Rio de Janeiro, 2000.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *ABNT NBR 12653: Materiais pozolânicos – Requisitos.* Rio de Janeiro, 2012.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *ABNT NBR 5738 : Concreto – Procedimento para moldagem e cura de corpos-de-prova.* Rio de Janeiro, 2008.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *ABNT NBR 5739: Concreto – Ensaio de compressão de corpos-de-prova cilíndricos.* Rio de Janeiro, 2007.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *ABNT NBR 5751: Materiais pozolânicos – Determinação de atividade pozolânica com cal – Índice de atividade pozolânica com cal – Método de ensaio.* Rio de Janeiro, 2015.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *ABNT NBR 5752: Materiais pozolânicos – Determinação de atividade pozolânica com cimento Portland – Índice de atividade pozolânica com cimento – Método de ensaio.* Rio de Janeiro, 2014.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *ABNT NBR 6508: Grãos de solo que passam na peneira de 4,8 mm – Determinação da massa específica.* Rio de Janeiro, 1984.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *ABNT NBR 7215: Cimento Portland – Determinação da resistência à compressão.* Rio de Janeiro, 1996.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *ABNT NBR 7222: Concreto e argamassa – Determinação da resistência à tração por compressão diametral de corpos de prova cilíndricos.* Rio de Janeiro, 2011.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *ABNT NBR 9778: Argamassa e concreto endurecidos – Determinação da absorção de água por imersão – Índice de vazios e massa específica.* Rio de Janeiro, 2009.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *ABNT NBR 9976: Agregados – Determinação da massa específica de agregados miúdos por meio do frasco Chapman.* Rio de Janeiro, 1987.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *ABNT NBR NM 53: Agregado graúdo – determinação de massa específica, massa específica aparente e absorção de água.* Rio de Janeiro, 2009.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *ABNT NBR NM 67: Concreto – Determinação da consistência pelo abatimento do tronco de cone.* Rio de Janeiro, 1998.

BORGES, P. H. R.; LOURENÇO, T. M. F.; FOUREAUX, A. F. S.; PACHECO, L. S. *Estudo comparativo da análise de ciclo de vida de concretos geopoliméricos e de concretos à base de cimento Portland composto (CP II).* *Ambiente Construído, Porto Alegre, v. 14, n. 2, p. 153-168, abr./jun. 2014.*

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. *Acompanhamento da safra brasileira de cana-de-açúcar, v.4 – Safra 2017/18, n. 1 - Primeiro levantamento, Brasília, p. 1-57, abril 2017.*

COMPANHIA NACIONAL DO ABASTECIMENTO. *Perfil do Setor do Açúcar e do Etanol no Brasil, Safra 2012/13, Brasília, p. 1-58, 2017.*

HOJO, L. Y. C. P. *Análise da atividade pozolânica da cinza volante do bagaço de cana-de-açúcar para substituição parcial do cimento Portland, 2014. 101 f. Dissertação (Programa de Pós-Graduação em Engenharia Urbana) – Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2014.*

MARTINS, C. H. ALTOÉ, S. P. S. HOJO, L. Y. C. CASTRO, T. R. *Aplicação da cinza pesada e leve da queima do bagaço de cana-de-açúcar em concretos, argamassas e pavers. In: SILVA, A. L. C. BENINI, S. M. DIAS, L. S. (Orgs). Fórum Ambiental: uma visão multidisciplinar da questão ambiental. Tupã : ANAP, 2016, p.357-384.*

NITA, C. JOHN, V. M. *Materiais pozolânicos: o metacaulim e a sílica ativa. 13 p. – (Boletim Técnico da Escola Politécnica da USP, Departamento de Engenharia de Construção Civil), São Paulo, 2007.*

RODRIGUES, D; ORTIZ,L. *Em direção à sustentabilidade da produção de etanol de cana de açúcar no Brasil, 2006.*

SANTI, A. M. M; SEVÁ FILHO, A. O. *Combustíveis e riscos ambientais na fabricação de cimento: casos na Região do Calcário ao Norte de Belo Horizonte e possíveis generalizações, Campinas, 2004.*

SINDICATO NACIONAL DA INDÚSTRIA DO CIMENTO. *Relatório anual 2013. Disponível em: <http://www.snica.org.br/relatorio_anual_dinamico.asp> Acesso em: 19 maio 2015.*