

## CONCRETO DE ALTO DESEMPENHO COM A ADIÇÃO DA CINZA DO BAGAÇO DA CANA DE AÇUCAR

DEIVID WILLIAN PREIS<sup>1</sup>, EVERTON LOVATTO<sup>2</sup>, GABRIEL ROBERTO POZZER<sup>3</sup>, JACKSON EDUARDO DE OLIVEIRA DAMBRÓS<sup>4</sup> e LAÍS MAÍSE DE SOUZA<sup>5</sup>

<sup>1</sup>Engenheiro Civil, UNIDEP, Pato Branco-PR, deividpreis@hotmail.com;

<sup>2</sup>Engenheiro Civil, UNIDEP, Pato Branco-PR, etoolovatto@gmail.com;

<sup>3</sup>Acadêmico, UNIDEP, Pato Branco-PR, gabrielrpz@hotmail.com;

<sup>4</sup>Acadêmico, UNIDEP, Pato Branco-PR, jackson1997eduardo@hotmail.com

<sup>5</sup>Engenheira Civil, UNIDEP, Pato Branco-PR, laismaisedesouza@gmail.com

Apresentado no  
Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia – CONTECC  
15 a 17 de setembro e 2021

**RESUMO:** Este trabalho tem por objetivo reutilizar resíduos de materiais que são prontamente descartados no meio ambiente e aplica-los ao concreto como adição, buscando uma diminuição no custo de produção bem como uma redução nos impactos ambientais. Com isso, foram executados 4 traços, sendo 1 concreto padrão de referência, além de outros 3 traços, variando o consumo de cimento do traço padrão em 10%, 20% e 30% por cinza do bagaço da cana de açúcar. Foram realizados os ensaios de caracterização dos materiais (granulometria, massa específica), bem como os ensaios de estado fresco e endurecido do concreto (Slump Test, resistência a compressão, e resistência a tração), além de uma estimativa de custos de produção com o acréscimo da cinza. Com relação aos resultados, no concreto com substituição de 10% da massa do cimento obteve-se valores maiores de resistência a compressão e tração em relação ao traço referência, apresentando resistência de 57,09 Mpa aos 28 dias o que caracterizou como concreto de alto desempenho de classe I, já para os traços com substituição de 20% e 30%, obteve-se valores de resistência menores comparados ao traço padrão, ficando abaixo de 20 MPa sendo prontamente descartados para usos estruturais, uma vez que o mínimo estabelecido pela ABNT na NBR 6118(2014) é de 20 MPa, descartando a possibilidade de sua aplicação imediata na construção civil. Essa diminuição de resistência é devido a baixa absorção da água para a hidratação da pasta do cimento, afetando assim a relação água cimento e a porosidade do mesmo.

**PALAVRAS-CHAVE:** Concreto, adição, custo benefício, reutilização.

### HIGH PERFORMANCE CONCRETE WITH THE ADDITION OF SUGAR CANE PASTE ASH

**ABSTRACT:** This work aims to reuse material residues that are promptly discarded in the environment and apply them to concrete as an addition, seeking a reduction in the cost of production as well as a reduction in environmental impacts. With this, 4 strokes were executed, being 1 standard reference concrete, in addition to 3 other strokes, varying the cement consumption of the standard streak by 10%, 20% and 30% per ash from sugar cane bagasse. The characterization tests of the materials (granulometry, specific mass) were carried out, as well as the fresh and hardened concrete tests (Slump Test, compressive strength, and tensile strength), in addition to an estimate of production costs with the addition of ash. Regarding the results, in concrete with 10% replacement of the cement mass, higher values of compressive and tensile strength were obtained in relation to the reference mix, presenting a resistance of 57.09 Mpa at 28 days which characterized it as high concrete Class I performance, for the 20% and 30% substitution strokes, lower resistance values were obtained compared to the standard mix, being below 20 MPa being promptly discarded for structural uses, since the minimum established by ABNT in NBR 6118 (2014) it is 20 MPa, discarding the possibility of its

immediate application in civil construction. This decrease in resistance is due to the low absorption of water to hydrate the cement paste, thus affecting the water-cement ratio and its porosity.

**KEYWORDS:** Concrete, addition, cost benefit, reuse.

## INTRODUÇÃO

Dentre o mercado da construção civil, e a constante escassez de matérias primas para a produção de concreto, que segundo Almeida (2012) trata-se de um material formado da junção e mistura do cimento, agregados, água, além de adições e aditivos quando necessários, que tem por objetivo modificar características químicas e físicas e proporcionar coesão e resistências aceitáveis. Com a crescente demanda de concretos e a falta de matérias primas surgem inúmeras pesquisas no segmento da utilização de novos materiais, onde são levados em consideração o custo benefício, durabilidade, qualidade e a diminuição do impacto ambiental. Levando em consideração esse contexto da aplicação de novos materiais e tecnologias no concreto, tem-se a cinza do bagaço de cana-de-açúcar (CBCA), que pode substituir como adição o cimento, reduzindo assim o consumo excessivo do material e sua poluição no meio ambiente em virtude de sua fabricação.

O cimento Portland é responsável pela emissão de 7% da emissão de CO<sub>2</sub> no mundo, associado ao grande consumo de energia em sua fabricação (MEHTA e MONTEIRO, 2014). Em virtude disso, é essencial a busca por uma redução no consumo de cimento nos dias atuais.

Segundo CONAB (2017), atualmente o Brasil é o maior produtor de cana-de-açúcar do mundo, a qual é utilizada para a produção de açúcar, de etanol, dentre outros produtos. Cerca de 95% de todo bagaço produzido são queimados em caldeiras, gerando vapor para a geração de energia elétrica para uso na própria usina e conseqüentemente a cinza como resíduo, a qual nem sempre tem seu descarte de forma correta.

O resíduo da queima do bagaço da cana-de-açúcar é na maioridade descartado em lavouras, pela falta de se ter um melhor descarte do mesmo. Segundo Cordeiro (2006), após a queima do bagaço tem como resultado um material de composição química onde predomina a presença de dióxido de silício (SiO<sub>2</sub>), e em função desse componente, o material apresenta um potencial aditivo mineral para pastas, argamassas e concreto. Em relação a isso, buscou-se conhecer as propriedades físicas e químicas da CBCA, para fazer a substituição do resíduo parcialmente no cimento.

Mediante a isso, buscou-se desenvolver um concreto utilizando o CBCA como adição, diminuindo o preço por metro cúbico da produção, assim como aumentar a resistência em relação ao traço referência, buscando o enquadramento como concreto de alto desempenho (CAD) de classe I, conforme Aitcin (2000) que caracteriza o CAD em suas classes conforme os valores da Tabela 1.

Tabela 1 – Classes de CAD, (Fonte: Aitcin, 2000).

Classe do Concreto	Resistência à Compressão (MPa)
Classe I	50 - 75
Classe II	75 - 100
Classe III	100 - 125
Classe IV	125 - 150
Classe V	Acima de 150

## MATERIAL E MÉTODOS

A fim de desenvolver o projeto, primeiramente foi realizado a coleta da CBCA junto a uma empresa que gera esse tipo de resíduo, onde a própria empresa já forneceu a CBCA queimada a 600°, reduzindo assim os danos ao meio ambiente.

Em seguida a CBCA foi levada a estufa para que se pudesse eliminar toda a umidade contida no material, com o intuito que essa umidade poderia afetar a relação água/cimento do concreto. Outro procedimento em relação a CBCA, foi o seu peneiramento para que se pudesse obter um material tão fino quanto o cimento, e assim manter as características da finura dos materiais, em vista disso foi utilizado o material passante na peneira 0,075mm.

O cimento utilizado para a confecção do concreto foi o CP V - ARI, em virtude de sua alta resistências em idades iniciais devido à presença de calcário e argila em sua composição, além de ser um material mais fino, melhorando assim o empacotamento da pasta do concreto.

Dando sequência, para a dosagem do traço se fez necessário a caracterização dos materiais através da análise granulométrica e massa específica. Os ensaios de granulometria dos agregados graúdos e miúdos (brita 0, brita 1, e areia natural), procedeu-se conforme a NBR 7211 (2005). Após a realização de tais procedimentos, pode-se definir a dimensão máxima dos agregados e seu módulo de finura.

Com o intuito de definir a massa específica dos materiais constituintes do concreto, realizou-se por meio do frasco graduado conforme a NBR NM 53 (2003), já para os agregados miúdos se fez pelo ensaio do picnômetro regido pela NBR NM 52 (2003), e o ensaio de pulverulento conforme NBR NM 46 (2003).

Além disso se tem a necessidade de fazer a dosagem das materiais constituintes do concreto. Foram dosados 4 traços pelo método do ABCP, sendo um de referência e outros três traços com a substituição parcialmente do cimento pela CBCA. Conforme a Tabela 2 pode-se se analisar os materiais constituintes, bem como os valores de cada traço unitário.

Tabela 2 – Traços unitários, (Fonte: Autoral).

MATERIAIS	Padrão	CBCA 10%	CBCA 20%	CBCA 30%
Cimento	1	0,9	0,8	0,7
CBCA	0	0,1	0,2	0,3
Areia Natural	2,045	2,045	2,045	2,045
Pedrisco	1,237	1,237	1,237	1,237
Brita 1	1,237	1,237	1,237	1,237
Água	0,4	0,4	0,4	0,4
Aditivo SP	0,02	0,02	0,02	0,02

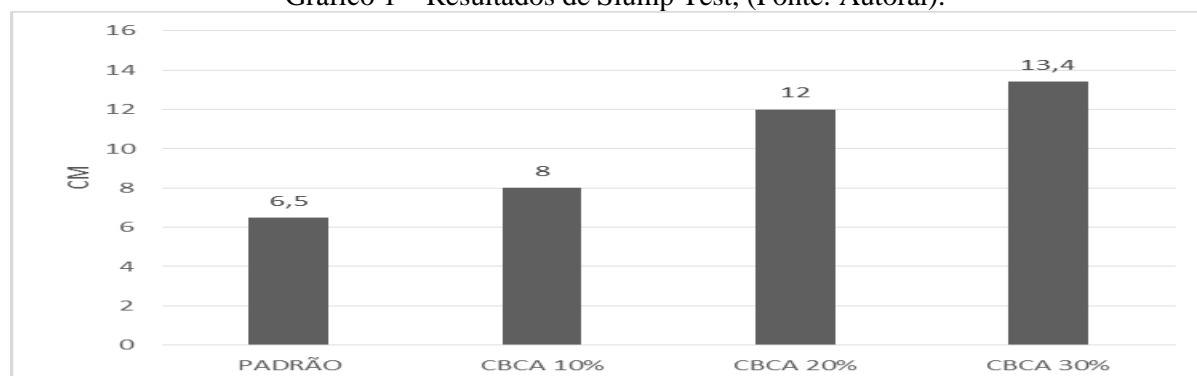
Com a determinação dos traços unitários, seguiu-se para o processo de confecção do concreto, onde que para todos as misturas adotou-se o mesmo método, sendo primeiramente acrescentado o agregado graúdo e metade da água, e misturado por 1 minuto com o auxílio da betoneira, após isso foi acrescentado o cimento e a CBCA, e levado a mistura do material novamente por 1 minuto sendo necessário a raspagem do equipamento, na sequência adicionou-se o agregado miúdo e o restante da água, sendo misturado por 1 minuto e novamente tendo de raspar o equipamento, após isso foi adicionado o aditivo superplastificante em toda a superfície do concreto, e em seguida misturado por mais 3 minutos.

Já no estado fresco seguindo a NBR NM 67 (1998), foi medido e determinado os valores de Slump Test, para análise da consistência e trabalhabilidade do concreto. Ainda no estado fresco seguiu-se a NBR 5738 (2015) para a moldagem e cura dos corpos de prova. No estado endurecido baseando-se nas NBR 5739 (2018) e NBR 7222 (2011) para determinação da resistência a compressão e tração respectivamente.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

No estado fresco com a realização do ensaio de Slump Test, foi possível analisar no concreto a trabalhabilidade e sua consistência plástica como mostra no Gráfico 1.

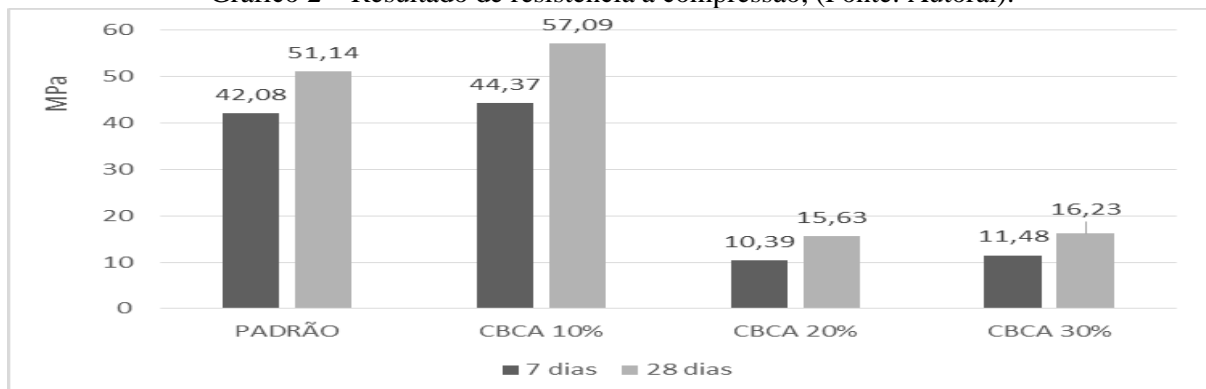
Gráfico 1 – Resultados de Slump Test, (Fonte: Autoral).



Em relação aos valores do Slump Test, pode-se destacar que a adição da CBCA ao traço, tem-se uma diminuição de absorção de água, ocasionando consistências mais plásticas ao concreto e um aumento de trabalhabilidade, conforme o acréscimo da porcentagem de adição.

Passado o período de cura dos corpos de prova, analisou-se os valores de resistência a compressão aos 7 e aos 28 dias, sendo os resultados oriundos da média de 3 valores obtidos no ensaio de compressão. O Gráfico 2 apresenta os valores de resistência obtidos em suas determinadas idades de cura.

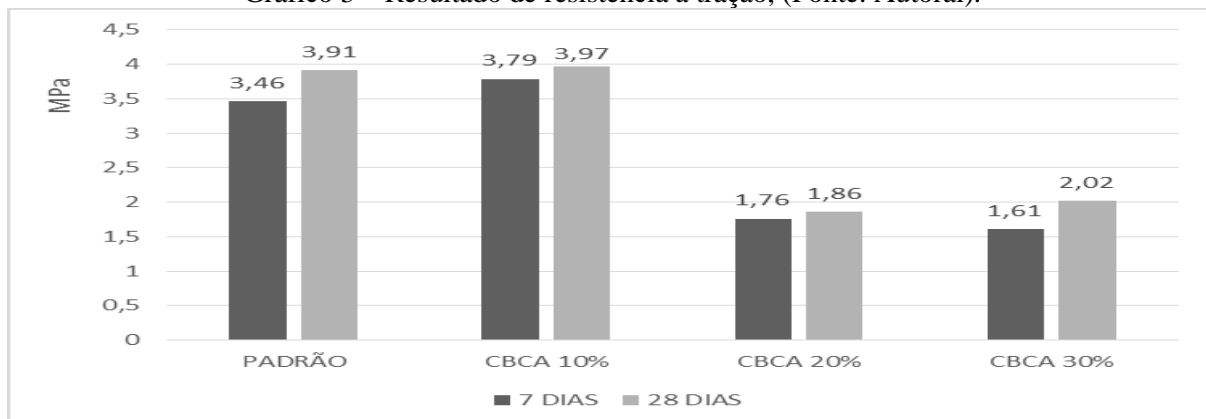
Gráfico 2 – Resultado de resistência a compressão, (Fonte: Autoral).



Com a análise do gráfico o traço com CBCA 10% teve um aumento 10,42% de resistência a compressão em relação ao traço padrão, mostrando uma grande melhora em sua resistência e o classificando como CAD de classe I. Já os traços CBCA 20% E CBCA 30% não obtiveram bons resultados em relação ao padrão, mostrando ter um ponto de saturação da adição da CBCA na pasta do concreto, muito em função da baixa absorção da água para a hidratação da pasta do cimento.

Em relação aos resultados de tração, obteve-se por meio do ensaio de compressão diametral gerando 3 resultados para cada traço, efetuando-se assim a média aritmética entre os 3 valores. No gráfico 3 podemos analisar os resultados de resistência alcançados.

Gráfico 3 – Resultado de resistência a tração, (Fonte: Autoral).



Fazendo referência ao gráfico 3, pode-se perceber que o traço CBCA 10%, obteve-se um aumento de 1,5% de resistência a tração em comparação com o traço padrão, apresentado uma melhora também em sua resistência a tração. Nos traços CBCA 20% e CBCA 30% os valores de resistência a tração diminuíram assim como na compressão, em virtude do ponto de saturação da adição de CBCA ao concreto.

Em relação ao custo de produção, o padrão teve um custo de R\$ 333,36 por metro cúbico, enquanto os traços CBCA 10%, CBCA 20% E CBCA 30% que tiveram substituição parcial do cimento pela CBCA, ficaram com custos de R\$ 310,75, R\$288,15 e 265,55 respectivamente. Nesse contexto, pode-se afirmar que é possível baixar os custos de produção do concreto utilizando CBCA.

## CONCLUSÃO

Após a realização de todos os ensaios, é possível analisar que a substituição do cimento por CBCA na produção de CAD é viável, na proporção de 10%, uma vez que os resultados de resistência a compressão e tração foram superiores ao traço padrão, e alcançaram 57,09 MPa que o caracterizou como CAD de classe I. Nos traços CBCA 20% e CBCA 30%, os resultados foram inferiores ao padrão, onde não se enquadraram com CAD, ficando com resistências muito baixas, indicando um

ponto de saturação da CBCA no concreto, em virtude da diminuição da absorção da água que ocasionou diretamente a trabalhabilidade do concreto.

Em relação ao custo, pode-se afirmar que a utilização da CBCA na substituição do cimento é viável uma vez que se tem uma diminuição nos custos de produção do concreto por metro cúbico.

Portanto, conclui-se que há poucos estudos na área da utilização da CBCA em concretos, contudo pode-se afirmar ser possível sua utilização em meio a construção civil em função da obtenção de resultados superiores ao traço convencional, além de que a reutilização da CBCA acarretará em benefícios ao meio ambiente.

## REFERÊNCIAS

- AITCIN, Pierre-Claude. Concreto de Alto Desempenho. Trad. Geraldo G. Serra. São Paulo: Pini, 2000.
- Almeida, Luiz Carlos. Concreto. Notas de aula da disciplina AU414 - Estruturas IV – Concreto armado. Campinas: [s.n.], 2002. Disponível em: <http://www.fec.unicamp.br/~almeida/au405/Concreto.pdf> >. Acesso em 25 de janeiro de 2019, 18:55:27.
- ASSOCIAÇÃO DE NORMA BRASILEIRA ABNT NBR 5738. Concreto — Procedimento para moldagem e cura de corpos de prova. [S.l.: s.n.], 2015. 9f. Disponível em: <[http://professor.pucgoias.edu.br/SiteDocente/admin/arquivosUpload/15030/material/NBR%205738%20-%2015\\_aula.pdf](http://professor.pucgoias.edu.br/SiteDocente/admin/arquivosUpload/15030/material/NBR%205738%20-%2015_aula.pdf) >. Acesso em 15 outubro de 2018, 20:09:23.
- ASSOCIAÇÃO DE NORMA BRASILEIRA ABNT NBR 5739. Concreto — Ensaio de compressão de corpos de provas cilíndricos. Rio de Janeiro: [s.n.], 2018. 13f. Disponível em: <[https://kupdf.net/download/nbr-5739-2018-concreto-ensaio-de-compressao-de-corpos-de-prova-cilindricos\\_5c3482bde2b6f55f1100ddcd\\_pdf](https://kupdf.net/download/nbr-5739-2018-concreto-ensaio-de-compressao-de-corpos-de-prova-cilindricos_5c3482bde2b6f55f1100ddcd_pdf) >. Acesso em 05 dezembro de 2018, 11:27:06.
- ASSOCIAÇÃO DE NORMA BRASILEIRA ABNT NBR 7211. Agregados para concreto - Especificações. Rio de Janeiro: [s.n.], 2005. 11f. Disponível em: <[http://professor.pucgoias.edu.br/SiteDocente/admin/arquivosUpload/17827/material/Nbr\\_7211\\_2005.pdf](http://professor.pucgoias.edu.br/SiteDocente/admin/arquivosUpload/17827/material/Nbr_7211_2005.pdf) >. Acesso em 27 outubro de 2018, 10:20: 38.
- ASSOCIAÇÃO DE NORMA BRASILEIRA ABNT NBR 7222. Concreto e argamassa – Determinação da resistência à tração por compressão diametral de corpos de prova cilíndricos. Rio de Janeiro: [s.n.], 2011. 5f. Acesso em 23 de janeiro de 2019.
- ASSOCIAÇÃO DE NORMA BRASILEIRA ABNT NBR NM 46. Agregados - Determinação do material fino que passa através da peneira 75 µm, por lavagem. Rio de Janeiro: [s.n.], 2003. 6f. Disponível em: <[http://professor.pucgoias.edu.br/SiteDocente/admin/arquivosUpload/17827/materia/Nbr\\_nm\\_46\\_2003.pdf](http://professor.pucgoias.edu.br/SiteDocente/admin/arquivosUpload/17827/materia/Nbr_nm_46_2003.pdf) >. Acesso em 12 dezembro de 2018, 18:35:38.
- ASSOCIAÇÃO DE NORMA BRASILEIRA ABNT NBR NM 52. Agregado miúdo – Determinação da massa específica e massa específica aparente. Rio de Janeiro: [s.n.], 2003. 13f. Disponível em: <<http://professor.pucgoias.edu.br/SiteDocente/admin/arquivosUpload/17827/material/NBR%20NM%2052%20-.pdf> >. Acesso em 28 outubro de 2018, 09:45:01.
- ASSOCIAÇÃO DE NORMA BRASILEIRA ABNT NBR NM 53. Agregado graúdo – Determinação de massa específica, massa específica aparente e absorção de água. Rio de Janeiro: [s.n.], 2003. 21f. Disponível em: <[http://professor.pucgoias.edu.br/SiteDocente/admin/arquivosUpload/17827/materia/Nbr\\_nm53\\_2003.pdf](http://professor.pucgoias.edu.br/SiteDocente/admin/arquivosUpload/17827/materia/Nbr_nm53_2003.pdf) >. Acesso em 27 outubro de 2018, 14:12:51.
- ASSOCIAÇÃO DE NORMA BRASILEIRA ABNT NBR NM 67. Concreto - Determinação da consistência pelo abatimento do tronco de cone. Rio de Janeiro: [s.n.], (1998). 8f. Acesso em 15 de janeiro de 2019.
- CONAB – COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. Safra 2017. [www.conab.gov.br/ultimas-noticias/2327-cana-de-acucar-tem-queda-de-3-6-e-fecha-safra-2017-18-em-633-26-milhoes-de-t](http://www.conab.gov.br/ultimas-noticias/2327-cana-de-acucar-tem-queda-de-3-6-e-fecha-safra-2017-18-em-633-26-milhoes-de-t). (Acesso 01/06/2018).
- CORDEIRO, G. C. Utilização de cinzas ultrafinas do bagaço de cana-de-açúcar e da casca de arroz como aditivos minerais em concreto. Tese de Doutorado. Universidade Federal do Rio de Janeiro, COPPE, 2006.
- METHA, P. K.; MONTEIRO, P. J. M. CONCRETO: Microestrutura, Propriedades e Materiais. 2. ed. São Paulo: IBRACON, 2014. p. 782.