

ANÁLISE DA SUBSTITUIÇÃO PARCIAL DE AGREGADOS NATURAIS DO CONCRETO POR CINZAS DO BAGAÇO DA CANA-DE-AÇÚCAR E RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL

GONÇALVES, Bruno Aparecido Moreira¹; TOMMASELLI, Maria Aparecida Garcia²

Discente do curso de engenharia civil da UFGD¹; Docente do curso de engenharia civil da UFGD²

bruno.goncalves9696@gmail.com¹; mariamachado@ufgd.edu.br²;

RESUMO – A indústria da construção civil busca inovar e reutilizar seus rejeitos, sendo uma grande geradora de resíduos. Fato semelhante é encontrado na indústria canavieira, onde o Brasil atualmente é o segundo maior produtor de etanol e açúcar do mundo. Com tamanha produção, o volume de rejeitos é proporcionalmente elevado. O bagaço é o resíduo proveniente da produção de açúcar e álcool, que normalmente é utilizado para produção de energia elétrica através de sua queima, gerando as cinzas. O RCD é obtido através de construções e demolições que são descartados em aterros ou até mesmo de maneira incorreta, gerando um grande impacto negativo ao meio ambiente. O presente trabalho tem como objetivo produzir um concreto com substituição parcial dos agregados graúdos e miúdos, nas proporções de 25% de cinzas em substituição da areia e 15% e 35% de RCD em substituição da brita, ambos em relação a massa total de cada agregado. Foram realizados ensaios de abatimento do concreto, resistência à compressão axial e absorção de água. Os resultados obtidos foram satisfatórios, visto que se constatou um acréscimo de resistência do concreto produzido com os agregados alternativos.

Palavras chave: Concreto. Cinzas. RCD.

ABSTRACT – The construction industry seeks to innovate and reuse its tailings as a major waste generator. Similar fact is found in the sugarcane industry, where Brazil is currently the second largest producer of ethanol and sugar in the world. With such production, the volume of tailings is proportionally high. Bagasse is the residue from sugar and alcohol production, which is normally used to produce electricity through its burning, generating the ashes. RCD is obtained through buildings and demolitions that are disposed of in landfills or even incorrectly, causing a major negative impact on the environment. The present work aims to produce a concrete with partial substitution of large and fine aggregates, in the proportions of 25% ash in substitution of sand and 15% and 35% RCD in substitution of gravel, both in relation to the total mass of each one. aggregate. Concrete abatement, axial compressive strength and water absorption tests were performed. The obtained results were satisfactory, since it was verified an increase of resistance of the concrete produced with the alternative aggregates.

Keywords: Concrete. Ashes. Waste construction.

1 INTRODUÇÃO

Com a crescente expansão e modernização da construção civil, a necessidade de buscar métodos não convencionais na produção de concretos, visando a reutilização de rejeitos de construção torna-se cada vez mais atrativa.

Segundo ANGULO (2000), são considerados resíduos de Construção e Demolição (RCD) todo e qualquer resíduo originado em atividades de construção, tais como demolições, reformas, novas construções ou atividades de obras de arte. Estes resíduos podem ter sua origem muito variada, seja de fragmentos de tijolos cerâmicos, argamassa, concreto e madeira, todos esses resíduos se encaixam como resíduos sólidos urbanos (RSU). O processo de gestão de resíduos deve ser iniciado nos canteiros de obra, com a triagem e o acondicionamento diferenciado dos resíduos.

A classificação dos resíduos da construção é feita pela Resolução CONAMA nº 307/2002, alterada pela Resolução 348/2004 considerando os aspectos primordiais de risco ambiental e potencial de valorização dos resíduos. Os resíduos utilizados neste trabalho são de classe A, ou seja, concreto (incluindo blocos e peças pré-moldadas), argamassas, componentes cerâmicos e solos provenientes de terraplanagem.

Segundo a pesquisa do IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística) (SNIS 2010), apenas 124 municípios brasileiros possuem a triagem simples dos RCD reaproveitáveis (classes A e B); somente 14 realizam a triagem e trituração simples de resíduos classe A; e 20 realizam a triagem e trituração dos resíduos classe A, com classificação granulométrica dos agregados reciclados; sendo que 79 conseguem realizar o reaproveitamento dos agregados produzidos na fabricação de componentes construtivos e outros 204 municípios adotam outras formas.

ANGULO (1998) coloca que a reciclagem de RCD é uma opção bastante atrativa, pois assim poupa-se espaço em aterros sanitários e reduz-se a extração de matérias-primas não renováveis, diminuindo assim o consumo de energia e a geração de poluentes. Suprir a demanda de agregados onde a matéria-prima é escassa, criar alternativa de desenvolvimento para a indústria de equipamentos de mineração e britagem e gerar vantagem competitiva para as empresas com as questões ambientais, são outras vantagens dessa atividade.

A substituição parcial dos agregados convencionais por RCD, pode influenciar no módulo de elasticidade do concreto, fator influenciado pelo teor de agregados naturais encontrados no RCD. Os agregados graúdos de RCD influenciam mais para a redução do módulo de elasticidade do concreto, em comparação com os agregados miúdos, quando analisados em relação a concretos confeccionados com agregados naturais. Os agregados

provenientes da cerâmica são os mais influentes para a redução do módulo de elasticidade e o agregado miúdo de concreto tem a menor influência dentre os demais RCD's (CABRAL et al., 2008). No entanto, é possível realizar a substituição parcial e até total dos agregados naturais por RCD, em devidas proporções, sem redução significativa nas resistências do concreto (LIMA ARAÚJO et al., 2016).

CABRAL (2010), observou que a utilização de RCD como agregados, em substituição aos agregados naturais em concretos, tem como consequência o aumento da retração por secagem, superiores aos concretos produzidos com agregados naturais. Este fato é mais evidente nos agregados miúdos, e o menor efeito é encontrado nos agregados graúdos, ambos provenientes resíduos de concreto.

VIEGAS (2019) traz que a produção de etanol aumentou em 24,5 % no Mato Grosso do Sul na safra 2018/2019 frente a 2017/2018, tornando-se o terceiro maior produtor do país, fato impulsionado pela importância da busca de novas fontes de energia renováveis. O petróleo é uma fonte de energia finita e muito poluente, a tentativa de substituição de combustíveis fósseis por combustíveis alternativos faz com que o álcool seja um grande candidato a principal fonte de energia para automóveis.

De acordo com Cordeiro (2010), durante a extração do caldo da cana-de-açúcar é gerada grande quantidade de bagaço, sendo uma biomassa de grande quantidade energética. Cerca de 95% de todo bagaço produzido no Brasil são queimados em caldeiras para produção de vapor, resultando como resíduo cinza de bagaço, material muito pouco reutilizado, gerando graves problemas ambientais devido ao descarte inadequado.

As cinzas provenientes da queima do bagaço da cana-de-açúcar possuem grandes quantidades de sílica em sua composição, tornando-as aptas a serem utilizadas na produção de concretos ou aditivos para os mesmos. Tais características promovem aumentos de resistência e durabilidade em comparação com concretos convencionais (MARTIRENA HERNÁNDEZ et al., 1998).

Segundo Martins Filho (2016), substituir a areia pelo bagaço da cana-de-açúcar na construção de *pavers* de concreto tem como resultado a redução na emissão de dióxido de carbono em 6,7%, auxiliando também na redução da extração de areia, evitando problemas causados pela extração irregular, tais como esgotamento da matéria prima e assoreamento de rios.

2 OBJETIVOS

O presente trabalho tem como objetivo analisar a resistência à compressão de concretos substituindo parcialmente os agregados miúdos convencionais (areia) por cinzas provenientes do bagaço da cana-de-açúcar e a substituição gradativa dos agregados graúdos (rocha britada) por resíduos da construção civil (RCD), visando uma redução de custos na construção e reduzir o descarte inadequado.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

Para confecção do concreto, inicialmente, deve-se realizar ensaios nos materiais a serem utilizados. Sendo este composto por cinzas, areia, água, resíduos da construção civil, rocha britada, e cimento Portland. As cinzas para moldagem dos corpos de prova foram obtidas em usinas da região de Dourados – MS. O RCD foi adquirido em uma central de reciclagem de agregados da construção civil, e os demais agregados foram obtidos em lojas de materiais para construção.

Seguindo a ABNT NBR 7211:2009, agregados graúdos são agregados cujos grãos passam pela peneira com abertura de malha de 4,75 mm e ficam retidos na peneira com abertura de malha de 150 µm.

O primeiro ensaio realizado foi o de determinação da composição granulométrica dos agregados, seguindo a ABNT NBR NM 248:2003, que descreve como se deve realizar o ensaio para obtenção da granulometria, valendo-se para todos os agregados (cinzas, RCD, areia e brita).

Através da norma ABNT NBR 6502:1995 conseguimos calcular os Coeficientes de Uniformidade (Cu) e o Coeficiente de Curvatura (Cc), que são dados pelas equações:

$$Cu = \frac{D_{60}}{D_{10}} \quad 1$$

onde:

Cu é o Coeficiente de uniformidade;

D60 é o ponto da curva granulométrica onde 60% dos grãos tem diâmetro inferior a ele;

D10 é o ponto da curva granulométrica onde 10% dos grãos tem diâmetro inferior a ele.

$$Cc = \frac{D_{30}^2}{D_{10} \cdot D_{60}} \quad 2$$

onde:

Cc é o Coeficiente de curvatura;

D60 é o ponto da curva granulométrica onde 60% dos grãos tem diâmetro inferior a ele;

D10 é o ponto da curva granulométrica onde 10% dos grãos tem diâmetro inferior a ele;

D30 é o ponto da curva granulométrica onde 30% dos grãos tem diâmetro inferior a ele.

A substituição dos agregados foi dada da seguinte forma:

- Agregados miúdos: substituiu-se 25% da massa total de areia por cinzas provenientes da queima do bagaço da cana-de-açúcar (CBC);
- Agregados graúdos: a pedra britada foi substituída por resíduos de concreto da construção civil (RCD), nas proporções 15% e 35%.

A determinação da consistência do concreto pelo abatimento do tronco de cone, dado pela ABNT NBR NM 67:1998, tem como objetivo determinar a consistência do concreto fresco, por meio do seu assentamento em concretos que tenham plasticidade e coesão. Segundo a NBR NM 67:1998, este assentamento deve ser maior ou igual a 10 mm em relação à altura do cone.

Após isso, foram moldados 6 corpos-de-prova cilíndricos (10 cm de diâmetro por 20 cm de altura) para cada proporção, sendo 4 submetidos ao ensaio de resistência à compressão e 2 submetidos ao ensaio de absorção de água.

A moldagem e cura dos CPs foram realizadas conforme a ABNT NBR 5738:2015, que determina o procedimento para moldagem e cura de corpos-de-prova. Após 24h da moldagem, os corpos de prova foram removidos dos moldes e encaminhados para cura em solução saturada de água e cal, para após 28 dias serem realizados os ensaios de resistência à compressão axial e absorção de água.

O ensaio para obter a resistência de ruptura à compressão foi regido pela ABNT NBR 5739:2018, que prescreve o ensaio de compressão de corpos-de-prova cilíndricos.

E, por fim, foi realizado o ensaio de absorção de água do concreto endurecido após 28 dias, ensaio dado pela ABNT NBR 9778:2009.

O cálculo da absorção de água (A), em porcentagem, deve-se utilizar a seguinte expressão:

$$A = \frac{m_{sat} - m_s}{m_s} * 100 \quad 3$$

onde:

m_{sat} é a massa da amostra saturada em água após a imersão e fervura;

m_s é a massa da amostra seca em estufa.

O cálculo do índice de vazios (I_v), em porcentagem, utiliza-se a seguinte expressão:

$$I_v = \frac{m_{sat} - m_s}{m_{sat} - m_i} * 100 \quad 4$$

Onde:

m_i é a massa da amostra saturada imersa em água após fervura.

Para a obtenção da massa específica da amostra seca (ρ_s), utiliza-se a seguinte expressão:

$$\rho_s = \frac{m_s}{m_{sat} - m_i} \quad 5$$

A expressão necessária para a obtenção da massa específica saturada após a fervura (ρ_{sat}) é a seguinte:

$$\rho_{sat} = \frac{m_{sat}}{m_{sat} - m_i} \quad 6$$

Por fim, a massa específica real (ρ_r) é dada por:

$$\rho_r = \frac{m_s}{m_s - m_i} \quad 7$$

A determinação do traço de concreto a ser utilizado foi desenvolvida por Silva (1975), mostrado na Tabela 1. O traço escolhido deverá atingir a resistência de ruptura de 20 MPa ao fim dos 28 dias de cura.

Tabela 1 – Traço de concreto piloto para 1 m³.

MATERIAL	MASSA (Kg)
Cimento	302
Brita	1038
Areia	791
Água	211
Fator A/C	0,7

Fonte: Silva, (1975).

Devido ao material encontrado no laboratório não estar seco, foram feitas alterações no traço a fim de manter o fator água cimento. Também foram feitas adições de materiais para o ensaio de abatimento do tronco de cone e eventuais perdas. A Tabela 2 apresenta os materiais necessários para a confecção de 6 corpos de prova com dimensões 10 x 20 cm.

Tabela 2: Traços de concreto utilizados

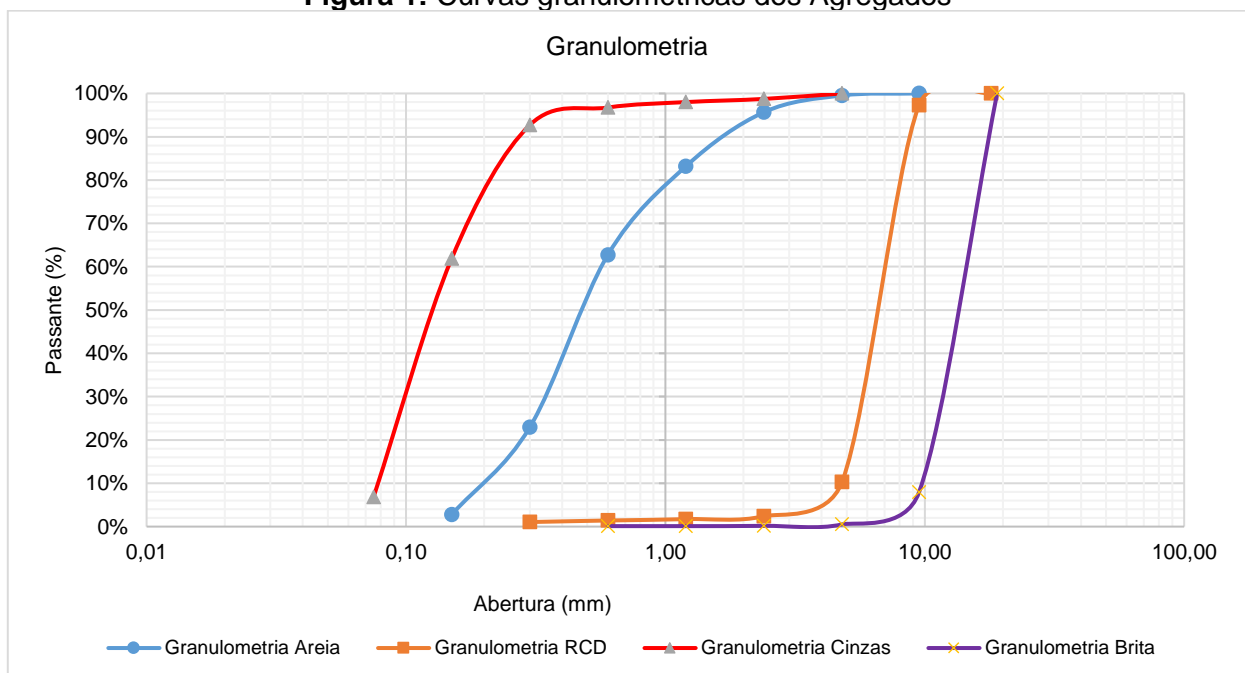
Material	Piloto	15% RCD	35% RCD
Cimento (Kg)	5,41	5,41	5,41
Areia (Kg)	14,17	10,62	10,62
Brita 1 (Kg)	18,59	15,8	12,1
Água (Kg)	3,78	1,96	2,21
Cinzas (Kg)	-	6,21	6,21
RCD	-	2,79	6,51
Fator A/C	0,7	0,7	0,7

Fonte: Silva, (1975)

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

O gráfico da Figura 1 mostra os resultados do ensaio de composição granulométrica para todos os agregados.

Figura 1: Curvas granulométricas dos Agregados



Fonte: Autores, (2019)

Após a obtenção da curva granulométrica dos agregados, foi possível determinar o diâmetro máximo característico e o módulo de finura dos mesmos, segundo a ABNT NBR 7211:2009, mostrados na Tabela 3. Observa-se que o diâmetro máximo da areia é maior do que o da cinza, fato ocorrido devido ao tamanho das partículas de areia serem mais grossas. Com o módulo de finura, temos que se trata de uma areia média, e a cinza pode ser classificada como muito fina.

Tabela 3: Diâmetro máximo característico e módulo de finura dos agregados

Agregado	Areia	Brita	Cinzas	RCD
Módulo de finura	2,33	-	1,41	-
Diâmetro máximo característico (mm)	2,4	9,5	0,6	4,8

Fonte: Autores, (2019)

Foi necessário a obtenção do teor de umidade da cinza utilizada na confecção dos concretos, visto que a mesma se encontrava úmida. Através dos ensaios, determinou o teor de umidade de 43%. Com isso, foram feitas correções no traço utilizado, a fim de manter a relação água/cimento inalterada.

Para um solo ser considerado uniforme, seu Coeficiente de uniformidade deve estar entre o intervalo $0 < C_u < 5$. Solos não uniformes são aqueles que apresentam $C_c > 15$. O Coeficiente de curvatura (C_c) foi obtido para uma melhor noção da curva granulométrica do agregado, a fim de obter possíveis descontinuidades do mesmo. Solos bem graduados apresentam seu Coeficiente de curvatura no intervalo $1 < C_c < 3$. Solos mal graduados possuem $C_c > 3$. A Tabela 4 traz os dados de coeficientes encontrados para as cinzas e para a areia utilizadas para confecção dos corpos de prova.

Tabela 4: Coeficientes de curvatura e uniformidade dos agregados

Coeficiente	Cinzas	Areia
C_c	1,10	2,11
C_u	0,38	0,27

Fonte: Autores, (2019)

Analisando os dados obtidos, ambos os agregados se apresentaram uniformes e bem graduados, pois seus parâmetros estavam contidos no intervalo limite para tal classificação.

Com o término dos ensaios preliminares foram obtidos todos os parâmetros de correção do traço utilizado, possibilitando assim a confecção dos corpos de prova. Para isso, fez-se necessário o ensaio de abatimento do concreto, a fim de demonstrar a

Substituição parcial de agregados naturais do concreto por cinzas residuais e RCD

trabalhabilidade de cada traço utilizado. A Tabela 5 apresenta os valores obtidos no teste de queda do concreto e a Figura 2 apresenta como foi realizado o ensaio.

Tabela 5: Traço de concreto e Abatimento

Traço	Abatimento do Concreto (cm)
15% RCD	11
35% RCD	9
Piloto	13

Fonte: Autores, (2019)

Figura 2: Ensaio de abatimento do concreto



Fonte: Autores, (2019)

Observou-se que com o acréscimo de RCD ao traço, a queda do concreto foi reduzida. Este fato pode ser explicado em virtude de os resíduos conterem partes cerâmicas, que naturalmente absorve mais água do que os demais agregados do concreto. O fato de as cinzas já estarem úmidas colaborou para que esta diferença de abatimento não fosse ainda maior.

Para o ensaio de resistência à compressão axial foi determinada uma resistência de 20 MPa aos 28 dias de cura do concreto. Pela NBR 6118/14 não é admitido concreto armado com $f_{ck} < 20\text{MPa}$. A Figura 3 mostra os corpos de prova após os 28 dias de cura.

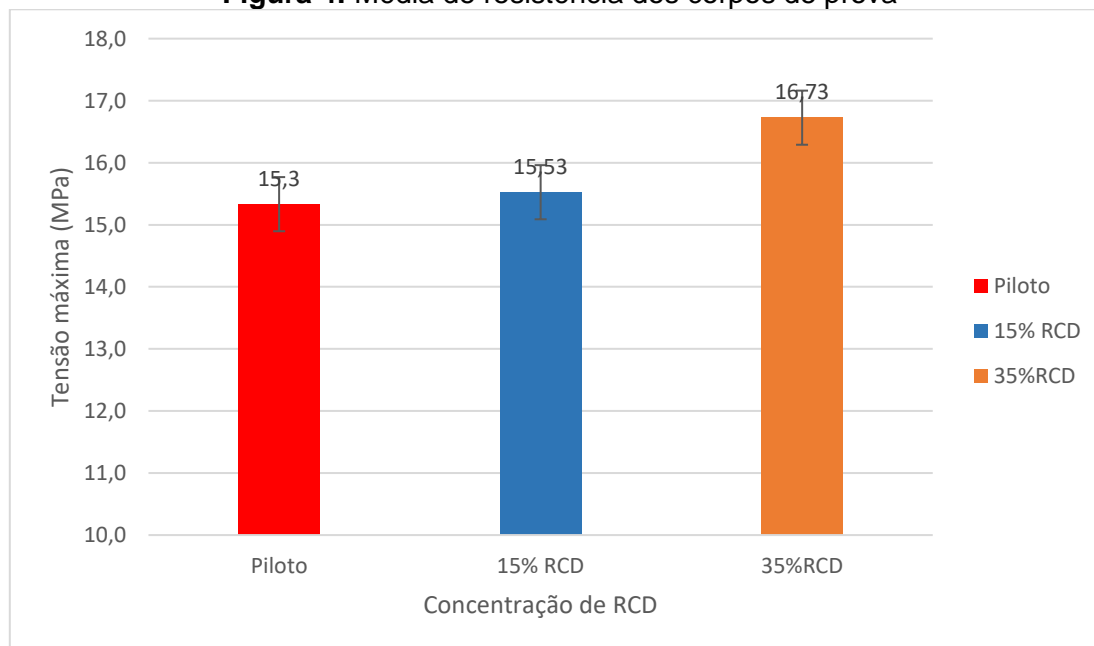
Figura 3: Corpos de prova após 28 dias de cura



Fonte: Autores, (2019)

A Figura 4 apresenta a média de resistência à compressão axial de cada traço. O melhor resultado encontrado foi o traço com 35% de RCD, com resistência de 16,95 MPa e desvio padrão de 0,17 MPa. Em relação ao traço piloto, o traço com 15% de RCD em sua composição obteve aumento de resistência de 1,26% e traço com 35% de RCD em sua composição obteve acréscimo de resistência de 9,1% em relação ao traço piloto.

Figura 4: Média de resistência dos corpos de prova



Fonte: Autores, (2019)

O ensaio de absorção de água dos concretos foi realizado conforme prescrito na ABNT NBR 9778:2009 por imersão em água. A norma determina que os corpos de prova devem permanecer durante 72 horas em uma estufa a 105° para então ser determinada sua massa seca. Logo após, os corpos de prova foram depositados em um recipiente com água à temperatura ambiente, onde permanecem por mais 72 horas. Por fim, foi realizada

Substituição parcial de agregados naturais do concreto por cinzas residuais e RCD

a fervura dos mesmos por um período de 5 horas, aferida sua massa em balança hidrostática e em uma balança comum para obtermos a massa saturada. A Figura 5 mostra os corpos de prova durante a fervura para o ensaio de absorção.

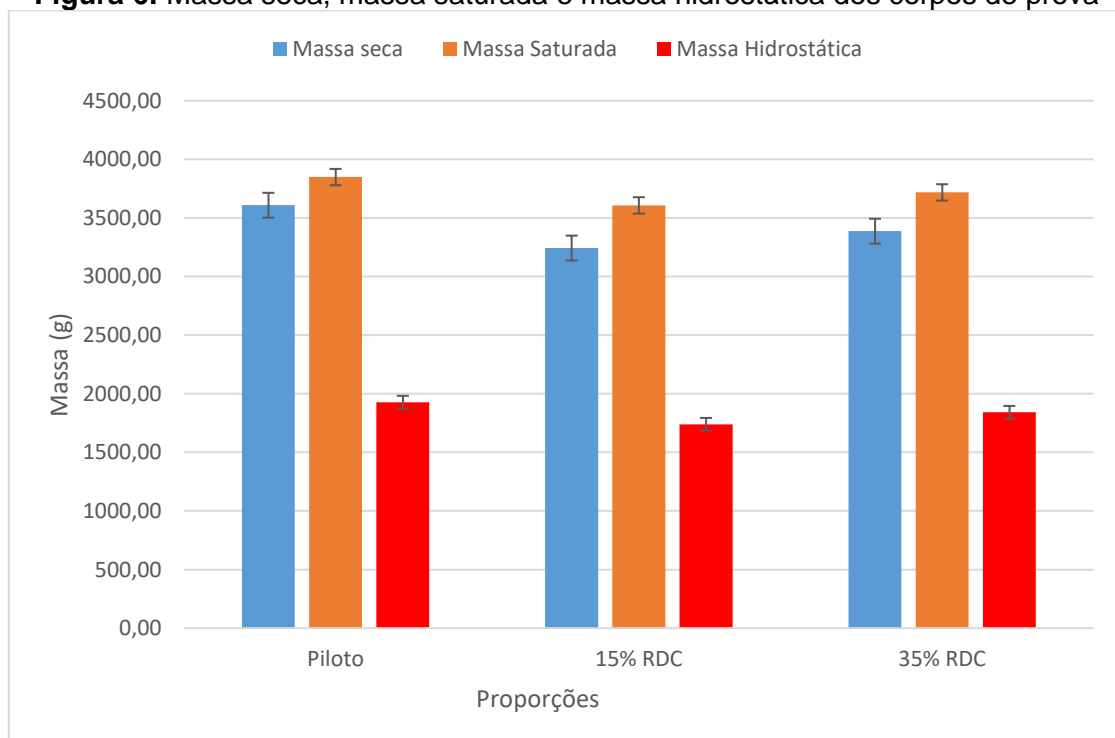
Figura 5: Corpos de prova durante a fervura



Fonte: Autores, (2019)

A Figura 6 apresenta os dados de massa seca, massa saturada e massa hidrostática das 3 proporções analisadas.

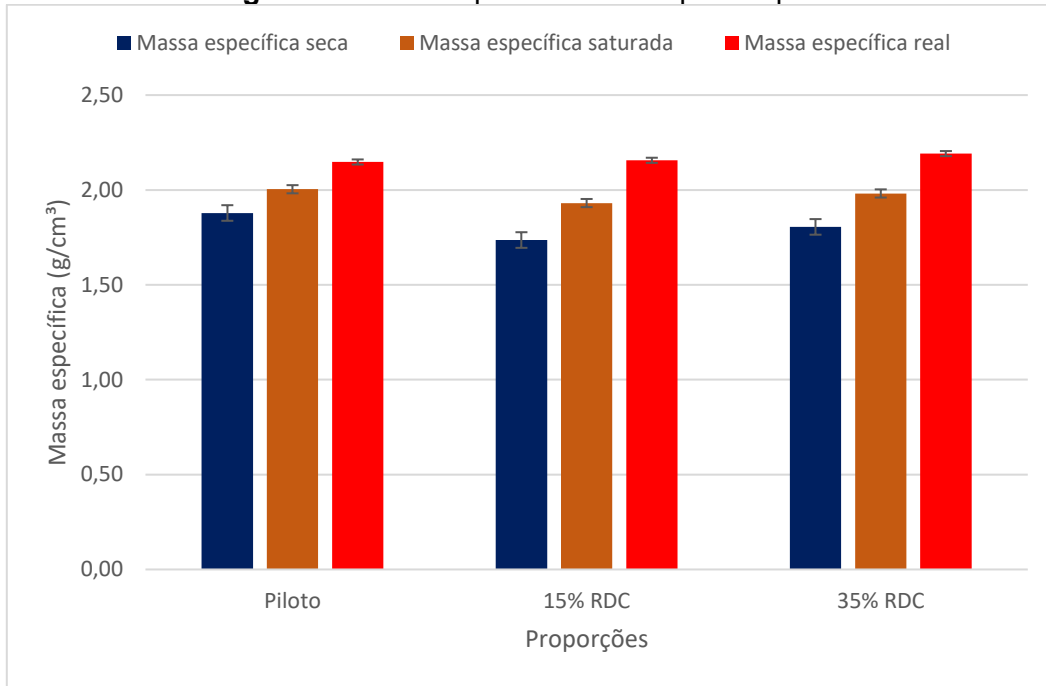
Figura 6: Massa seca, massa saturada e massa hidrostática dos corpos de prova



Fonte: Autores, (2019)

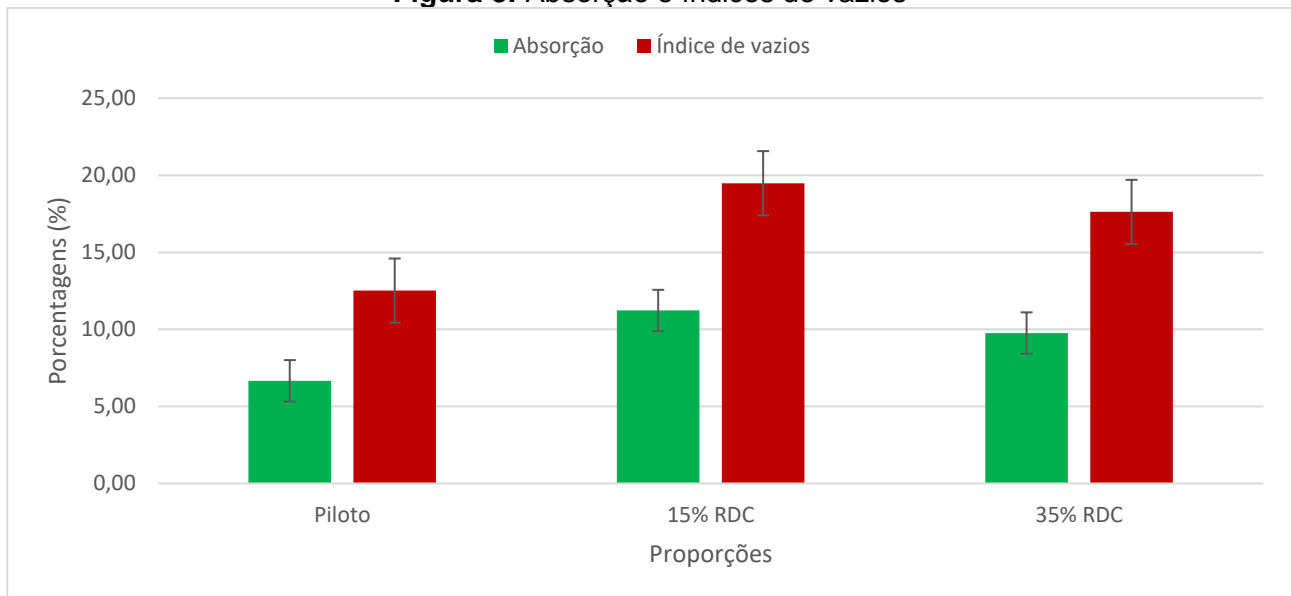
A Figura 7 mostra os valores de massa específica dos corpos de prova, e por fim, a Figura 8 apresenta os dados de absorção e índice de vazios.

Figura 7: Massa específica dos corpos de prova



Fonte: Autores, (2019)

Figura 8: Absorção e índices de vazios



Fonte: Autores, (2019)

Os traços com RCD e cinzas apresentaram maior absorção de água, provavelmente devido ao RCD conter partículas de cerâmicas e às cinzas absorverem mais água se comparada com a areia. No entanto o traço com 35% de RCD apresentou uma absorção e índice de vazios menor do que o traço com 15% de RCD, provavelmente devido a diferença de granulometria do RCD em relação à brita, aumentando a graduação dos grãos e preenchendo melhor os vazios.

Considerando os resultados positivos, preliminarmente, quanto ao emprego desses resíduos na produção de concreto, vale a pena estabelecer uma relação de preços para a produção dos mesmos. Considerando os valores utilizados para produzir 1m³ de concreto do traço piloto estudado, empregando os agregados alternativos (RCD e cinzas), levaremos em conta que, por se tratarem de rejeitos, tais agregados não teriam valor de venda. A Tabela 6 apresenta os valores de compra dos agregados convencionais, segundo a tabela SINAPI com mês de referência de novembro de 2019, e a Tabela 7 traz os valores dos agregados convencionais em conjunto com 35% de RCD e 25% de cinzas.

Tabela 6: Valor dos agregados convencionais para confecção de 1m³ do traço piloto

Código	Banco	Descrição	Und	Quant.	Valor Unit (R\$)	Valor total (R\$)
00000370	SINAPI	AREIA MEDIA - POSTO JAZIDA/FORNECEDOR (RETIRADO NA JAZIDA, SEM TRANSPORTE)	m ³	0,74	44,00	32,56
00004721	SINAPI	PEDRA BRITADA N. 1 (9,5 a 19 MM) POSTO PEDREIRA/FORNECEDOR, SEM FRETE	m ³	0,62	57,50	35,65
10511	SINAPI	CIMENTO PORTLAND COMPOSTO CP II-32 (SACO DE 50 KG)	50KG	7	24,45	171,15
Total						239,36

Fonte: SINAPI, (2019)

Tabela 7: Valor dos agregados convencionais para confecção de 1m³ do traço 35% RCD

Código	Banco	Descrição	Und	Quant.	Valor Unit (R\$)	Valor total (R\$)
00000370	SINAPI	AREIA MEDIA E CINZAS - POSTO JAZIDA/FORNECEDOR (RETIRADO NA JAZIDA, SEM TRANSPORTE)	m ³	0,555	44,00	24,42
00004721	SINAPI	PEDRA BRITADA N. 1 (9,5 a 19 MM) E RDC POSTO PEDREIRA/FORNECEDOR, SEM FRETE	m ³	0,403	57,50	23,17
10511	SINAPI	CIMENTO PORTLAND COMPOSTO CP II-32 (SACO DE 50 KG)	50KG	7	24,45	171,15
Total						218,74

Fonte: SINAPI, (2019)

Ao utilizar os resíduos da construção civil e cinzas, para 1 m³ de concreto, teríamos uma economia de aproximadamente 8,61% em seu custo bruto. Portanto a utilização deste

Substituição parcial de agregados naturais do concreto por cinzas residuais e RCD

método além de proporcionar uma redução nos custos também auxiliaria na preservação do meio ambiente, evitando a extração dos mesmos.

5 CONCLUSÃO

Analisando os resultados dos índices físicos, notou-se uma diferença entre os agregados, tanto quanto em relação ao RCD quanto em relação às cinzas. Contudo, a cinza apresentou grande semelhança com a areia fina, proporcionando em conjunto com o RCD resultados muito satisfatórios. Ao analisar os resultados de resistência à compressão, observou-se que com a substituição dos agregados ocorreu um aumento gradativo de resistência, atingindo seu pico com 35% de resíduos da construção civil. Quanto à absorção de água, notou-se que com a substituição dos agregados ocorreu um aumento da absorção, fato ocorrido devido ao RCD e as cinzas absorverem mais água em relação a brita e areia. Outro fator positivo foi a redução de custos, visto que ambos os agregados alternativos são considerados rejeitos, podendo ser considerados apenas com o valor do frete de transporte dos mesmos.

Portanto concluiu-se que a substituição parcial dos agregados por cinzas e RCD é viável em concretos não estruturais, fornecendo um aumento de resistência aos mesmos e possibilitando uma redução de custos financeiros e de impactos ambientais ocasionados pelo descarte inadequado.

AGRADECIMENTOS

Agradeço aos técnicos e funcionários dos laboratórios da UFGD, pela colaboração e paciência durante os experimentos. Agradeço também aos discentes Estela Luiza Westemaier, Luana Ely Farias de Souza, Maicon Padilha da Silva e Matheus Marra Lopes pelo auxílio durante a execução deste trabalho. E por fim agradeço à professora Dra. Maria Aparecida Garcia Tommaselli Chuba Machado por sua compreensão e auxílio durante a execução deste trabalho.

REFERÊNCIAS

ANGULO, S. C. **Produção de concretos com agregados reciclados**. 1998. 86p. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Civil) – Departamento de Construção Civil, Universidade Estadual de Londrina. Londrina, 1998.

_____. **Variabilidade de agregados graúdos de resíduos de construção e demolição reciclados**. 2000. 155p. Dissertação (Mestrado) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo. São Paulo, 2000.

Substituição parcial de agregados naturais do concreto por cinzas residuais e RCD

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Agregados para concreto - Especificação: NBR 7211**. Rio de Janeiro, 2009.

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

_____. **Argamassa e concreto endurecidos - Determinação da absorção de água por imersão – Índice de vazios e massa específica: NBR 9778**. Rio de Janeiro, 2009.

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

_____. **Concreto - Ensaio de compressão de corpos-de-prova cilíndricos: NBR 5739**. Rio de Janeiro, 2018.

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

_____. **Projeto de estruturas de concreto - Procedimento: NBR 6118**. Rio de Janeiro, 2014.

_____. **Rochas e solos: NBR 6502**. Rio de Janeiro, 1995.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Resolução CONAMA N° 307, de 05 de julho de 2002**. Estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil. Diário Oficial de União, Brasília, DF. 17 de julho de 2002.

_____. **Resolução CONAMA N° 348, de 16 de agosto de 2004**. Altera a Resolução CONAMA N° 307, de 5 de julho de 2002, incluindo o amianto na classe de resíduos perigosos. Diário Oficial de União, Brasília, DF. 17 de agosto de 2004.

CABRAL, Antonio Eduardo Bezerra et al. Determinação da influência do tipo de agregado reciclado de resíduo de construção e demolição sobre o módulo de deformação de concretos produzidos com agregados reciclados. **RIEM - IBRACON Structures and Materials Journal**, [S.l.], v. 1, n. 2, July 2008. ISSN 1983-4195. Available at: <<http://www.revistas.ibracon.org.br/index.php/riem/article/view/18>>. Date accessed: 10 July 2019.

_____. Modelagem da retração por secagem de concretos produzidos com agregados reciclados. **Rev. IBRACON Estrut. Mater.**, São Paulo, v. 3, n.1, p.1-23, mar. 2010. Available from <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1983-41952010000100002&lng=en&nrm=iso>. Access on 10 July 2019. <http://dx.doi.org/10.1590/S1983-41952010000100002>.

CORDEIRO, G. C.; TOLEDO FILHO, R. D.; FAIRBAIRN, E. M. R. Cinza ultrafina do bagaço de cana-de-açúcar: material pozolânico de alto potencial para países tropicais. **Rev. IBRACON Estrut. Mater.**, São Paulo, v. 3, n. 1, p. 50 67, mar. 2010. Available from <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1983

Substituição parcial de agregados naturais do concreto por cinzas residuais e RCD

41952010000100004&lng=en&nrm=iso>. Access on 15 junho 2019. <http://dx.doi.org/10.1590/S1983-41952010000100004>.

IBGE. 2010. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE. **Pesquisa Nacional de Saneamento Básico 2008**. Rio de Janeiro: IBGE, 2010.

LIMA ARAÚJO, D.; PIRES FELIX, L.; COSTA SILVA, L.; MARTINS SANTOS, T. INFLUÊNCIA DE AGREGADOS RECICLADOS DE RESÍDUOS DE CONSTRUÇÃO EM PROPRIEDADES MECÂNICAS DO CONCRETO (doi:10.5216/reec. V11i1.35467). **REEC - Revista Eletrônica de Engenharia Civil**, v. 11, n. 1, 8 fev. 2016.

MARTIRENA-HERNÁNDEZ, J. F. M.; MIDDEENDORF, B.; GEHRKE, M.; BUDELMANN, H. Use of wastes of the sugar industry as pozzolana in lime-pozzolana binders: study of the reaction. **Cement and Concrete Research**, v. 28, n. 11, p. 1525-1536, 1998.

MARTINS FILHO, Sergio Tunis. Quantificação da Emissão de CO₂ para Pavers com Substituição Parcial de Areia por Cinza do Bagaço de Cana-de-Açúcar. **Revista em Agronegócio e Meio Ambiente**, Maringá, v. 9, n. 2, p. 432-448, 1 jul. 2016. DOI <https://doi.org/10.17765/2176-9168.2016v9n2p431-448>. Disponível em: <https://periodicos.unicesumar.edu.br/index.php/rama/article/view/4347/0>. Acesso em: 10 jul. 2019.

SILVA, Gildásio Rodrigues. **Manual de Traços de Concreto**. 3. ed. [S. l.: s. n.], 1975. Disponível em: http://aquarius.ime.eb.br/~webde2/prof/ethomaz/cimentos_concretos/gildasio.pdf. Acesso em: 9 dez. 2019.

SINAPI – Índices da Construção Civil. Disponível em: <http://www.caixa.gov.br/poder-publico/apoio-poder-publico/sinapi/Paginas/default.aspx>. Acesso em 03 nov.2019.

VIEGAS, Anderson. Produção de etanol cresce 24,5% na safra 2018/2019 e MS se torna o terceiro maior produtor brasileiro. **G1**, [S. l.], p. 1-1, 23 abr. 2019. Disponível em: <https://g1.globo.com/ms/mato-grosso-do-sul/noticia/2019/04/23/producao-de-etanol-cresce-245percent-na-safra-20182019-e-ms-se-torna-o-terceiro-maior-produtor-brasileiro.ghtml>. Acesso em: 10 dez. 2019.