

AGREGADO SUSTENTÁVEL DE ECOBRITA EM TRAÇOS DE CONCRETO
Sustainable aggregation of ecobrita in concrete traces

BORGES, Éverton¹

GONÇALVES JUNIOR, Elcio Luiz²

ALMEIDA, Indira Maria Fernandez³

PINTO, Edilson Moura^{4*}

¹ Acadêmico do Curso de Engenharia Civil da Faculdade de Ensino Superior do Interior Paulista, ECOMAS. E-mail: evtborges@gmail.com

² Acadêmico do Curso de Engenharia Civil da Faculdade de Ensino Superior do Interior Paulista, ECOMAS. E-mail: elcio.jr1990@gmail.com

³ Docente do Curso de Engenharia Civil da Faculdade de Ensino Superior do Interior Paulista e orientador da pesquisa. E-mail: engenharia@faip.edu.br

⁴ Docente do Curso de Engenharia Civil e coordenador do grupo de pesquisa ECOMAS, da Faculdade de Ensino Superior do Interior Paulista e orientador da pesquisa. E-mail: edilson.pinto@cnpq.pq.br *Autor correspondente

RESUMO

Este trabalho teve como objetivo avaliar a resistência à compressão axial da Ecobrita, um agregado reciclado produzido a partir do resíduo de poliestireno expandido (EPS). O material produzido por processo de trituração, pós-fabricação resulta do aquecimento do resíduo *in natura*. Foram ensaiados quatro traços de concreto, sendo um absoluto feito com brita 0 (T0) e os demais com Ecobrita inserida de forma gradativa em frações substituintes de 10% (T1), 25% (T2) e 50% (T3). Os corpos-de-prova foram confeccionados, obedecendo a norma NBR 5738 e os ensaios de resistência mecânica à NBR 5739, sendo analisadas tréplicas por traço, com um intervalo temporal de 7,0, 14,0 e 28,0 dias. Os resultados demonstram ganhos e perdas de resistência nas diferentes fases de cura dos corpos-de-prova, em destaque, dois traços tiveram resultados superiores ao absoluto obtendo, aos 7,0 dias para os corpos 10% (T1) a resistência a compressão axial $\sigma_z = 10,35$ MPa, valor superior ao absoluto $\sigma_z = 8,04$ MPa. Já o traço de menor resistência com inserção de 50% do agregado (T3) obteve $\sigma_z = 3,54$ MPa. Aos 28,0 dias os corpos T1 atingiram o máximo de $\sigma_z = 12,41$ MPa, novamente superior ao absoluto $\sigma_z = 10,33$ MPa, seguido de T2 com $\sigma_z = 10,23$ MPa, valor este praticamente

igual ao absoluto para as mesmas condições. Paralelamente foi efetuado um estudo de viabilidade financeira da Ecobrita, o qual demonstrou a redução de custos totais de produção por m³ de concreto na ordem de 1,24 a 3,07% com a introdução da Ecobrita a 10% e 25% respectivamente. Os resultados demonstram a viabilidade técnica e financeira da utilização da Ecobrita em substituição à brita 0 na confecção de concreto.

Palavras-chave: Ecobrita; Engenharia Civil; Sustentabilidade; Resíduo da construção civil; Poliestireno expandido.

ABSTRACT

This work aimed to evaluate the axial compression strength of Ecobrita, a recycled aggregate produced from expanded polystyrene residue (EPS). The material produced by milling process, post-manufacture resulting from the heating of the in natura residue. Four formulations of concrete were tested, being an absolute made with crushed stone #0 (T0) and the other ones, with Ecobrita introduced gradually in substitution fractions of 10% (T1), 25% (T2) and 50% (T3). The specimens were prepared according to NBR 5738 standard and mechanical strength tests to NBR 5739, traces were analyzed with a time interval of 7.0, 14.0 and 28.0 days. The results show gains and losses of resistance in the different phases of curing of the specimens, in highlight, two traits have superior results to the absolute obtaining, at 7.0 days for the 10% (T1) the resistance to axial compression $\sigma_z = 10.35$ MPa, higher than absolute $\sigma_z = 8.04$ MPa. The least resistance trait with 50% insertion of the aggregate (T3) obtained $\sigma_z = 3.54$ MPa. At 28.0 days the bodies T1 reached the maximum of $\sigma_z = 12.41$ MPa, again higher than the absolute $\sigma_z = 10,33$ MPa, followed by T2 with $\sigma_z = 10,23$ MPa, almost equal to the absolute value for the same conditions. At the same time, a financial feasibility study was carried out by Ecobrita, which demonstrated the reduction of total production costs per m³ of concrete in the order to 1.24 to 3.07% with the introduction of Ecobrita at 10% and 25% respectively. The results demonstrate the technical and financial feasibility of using of Ecobrita as a replacement for crushed stone #0 in the manufacture of concrete.

Keywords: Ecobrita; Civil Engineering; Sustainability; Construction Waste; Expanded Polystyrene.

1 INTRODUÇÃO

A busca por novos materiais introduzidos para facilitar e dinamizar os métodos construtivos está em franco crescimento no país (ABRELPE, 2016). Materiais cerâmicos bem como, os de base polimérica tem despertado o interesse das indústrias de construção civil devido ao seu elevado potencial de reciclagem e reuso (UCHÔA et al, 2015). Nesse contexto, o poliestireno expandido (EPS) ganhou considerável espaço por ser um material leve, de vida longa, fácil manuseio e, por contribuir para economia energética, sendo amplamente empregado em enchimento para lajes e painéis pré-fabricados (EPS Brasil, 2016).

Entretanto, devido a sua reduzida massa específica, as sobras de EPS resultam na produção de um volume bastante grande de descartes que precisam ser processados e que segundo a ABNT NBR 10.004, este resíduo deve receber tratamento de forma a “confina-lo”, evitando a sua dispersão, indicando a possível destinação para empresas, cooperativas ou associações de coleta seletiva que comercializam, reusem ou reciclam esses resíduos (NBR 10.004).

Neste sentido vários trabalhos recentes têm sido devotados à aplicação do EPS em suas mais variadas formas, utilizando-os como agregados em concreto, valendo-se da sua resistência à compressão, em substituição ao agregado graúdo e à brita, nas proporções de 10%, apresentando resistência acima de 20 MPa e a 15% com resistência de ~15Mpa segundo Guidio et al (2015).

Hengen *et al* (2017) por sua vez, avaliaram o EPS em substituição ao agregado graúdo em blocos Classe A, nas proporções de 20% e 30%, obtendo cerca de 50% da resistência exigida para esta classe, concluindo então a sua viabilidade para aplicação como blocos de classe B com função estrutural conforme norma vigente.

Ocorre que a utilização do EPS em ensaios dinâmicos ou como agregado em concreto em sua quase totalidade é feita na forma de pérolas ou resíduo moído cuja resistência à compressão se mostra limitada. Numa proposta pioneira, Borges *et al* (2016) propôs a incorporação do agregado de EPS na forma reduzida termicamente a qual confere-lhe maior dureza, para que esta pudesse substituir a brita com as mesmas propriedades.

Devido ao fato deste agregado possuir maior resistência à compressão conferindo dureza semelhante ao produzido pela brita, os autores autodenominaram este produto de “Ecobrita” e em referência a sua dureza e aparência física. A Ecobrita se

enquadra como resíduos inertes, conforme a NBR 10004 o que lhe confere a possibilidade de aplicação como agregado em pavimentações e estruturas de concreto sem riscos à saúde pública.

Dando continuidade ao trabalho de 2016, neste trabalho é apresentado um estudo de avaliação de agregado para concreto derivado do EPS, material cujas propriedades estruturais foram alteradas de modo a se obter maior dureza para aplicação como substituinte à brita em traços de concreto.

Para tal, traços de concreto contendo frações distintas de agregado foram produzidos em corpos de prova de modo a serem comparadas com corpos padrão, cuja análise da segurança, foi feita a partir de ensaios para determinação da resistência à compressão segundo as especificações das normas da ABNT NBR 5739 e NBR 8522 (ABNT, 2003, 2007).

2 MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 MATERIAIS CONSTITUINTES DO TRAÇO

Neste trabalho foi utilizado cimento Portland CII-F-32, InterCement Brasil, um cimento de secagem rápida recomendado para qualquer obra corrente de engenharia civil. Utilizou-se uma fração de 50 kg, em embalagem *kraft* conforme especifica a Norma Técnica Brasileira - NBR 5733.

Neste trabalho não foi utilizado qualquer tipo de aditivo, de modo que os resultados obtidos referem-se ao concreto constituído de: cimento, areia grossa, água, brita e/ou Ecobrita. Para o estudo foi utilizada brita 0, igualmente indicada para fabricação de concreto, pavimentação, construção de edificações ou de grandes obras, como ferrovias, túneis e barragens segundo atesta Quaresma (2009). Todo o material foi aplicado na forma seca de modo a se avaliar os constituintes do traço em suas condições ideais, dosando de maneira controlada, o volume de água necessário.

A Ecobrita utilizada foi produzida seguindo o processo de redução volumétrica por aquecimento em esteira térmica. O material foi submetido à um processo de superaquecimento rápido, à 120°C por dois segundos, ao final, para que as porções não se aglutinassem, um aspersor de água foi acionado impedindo a junção das porções através do resfriamento abrupto da temperatura, tornando-o um material rijo e sólido.

Desta forma, conferem-se ao agregado, a dureza exterior e maleabilidade interna, propriedades estas que são necessárias para o fim que se destina.

Para uma melhor avaliação do agregado, foi executada a peneiração de modo a se processar a Ecobrita em uma granulação próxima à da brita a qual se substituiu, normalizando assim seu volume e massa específica.

Deste modo, a Ecobrita produzida foi peneirada em agitador eletromecânico de bancada com controlador eletrônico por 10 minutos obtendo-se diferentes granulações, das quais foram selecionadas para o estudo, as amostras de Ø 4,5mm equivalentes ao da brita substituída conforme considera ABNT NBR-7181 (1984).

2.2 TRAÇO DO CONCRETO

O traço de concreto estipulado para este estudo foi definido na porção de: 1,0 porção de cimento, 3,0 porções de areia, 5,0 porções de brita 0 (peneira #2 = 4,5 mm) e ½ porção de água, tal como apresenta a Tabela 1.

A formulação segue a equação de correlação volumétrica uma vez que a massa específica da brita 0 é dezenas de vezes superior à da Ecobrita, de modo que a relação mássica não seria adequada. Para tal foi considerada a Equação 01, que estabelece a correlação dos valores volumétricos tal como segue:

$$vt = \frac{1mc}{\mu c} + \frac{mA}{\mu A} + \left(\frac{mb}{\mu b} + \frac{me}{\mu e} \right) + \frac{ma}{\mu a} \quad (01)$$

onde,

vt = é o volume total normalizado para o corpo de prova / cm^3

mc = Massa do cimento /g e massa específica $\mu c= 1,42 \text{ g/cm}^3$

mA = Massa da areia /g e massa específica $\mu A= 1,80 \text{ g/cm}^3$

mb = Massa de brita /g e massa específica $\mu b= 2,65 \text{ g/cm}^3$

me = Massa de Ecobrita /g e massa específica $\mu e= 0,345 \text{ g/cm}^3$

ma = Massa de água /g e massa específica $\mu a= 1,0 \text{ g/cm}^3$

Desta forma, substituindo-se as frações do traço na Equação 01 têm se a equação (02) tal como segue:

$$vt = \frac{1x}{\mu c} + \frac{3x}{\mu A} + 5 \cdot \left(\frac{mb + me}{\mu b \cdot \mu e} \right) + \frac{0,5x}{\mu a} \quad (02)$$

A partir da Equação 02 foi construído o traço apresentado na Tabela 1 do qual T0 corresponde ao traço absoluto, ou seja, aquele referente à brita pura sem substituição. T1 por sua vez corresponde ao traço com substituição de 10% da brita por Ecobrita, sendo os traços T2 e T3 referentes à substituição de 25 e 50% de brita por Ecobrita respectivamente.

Tabela 1- Referência dos traços em função da massa de constituintes para cada corpo de prova.

Traço	Massa / g				
	Cimento (CP2-32Z)	Areia	Brita zero	Ecobrita	Água
T0	366	1098	1830	0	183
T1	366	1098	1647	23	183
T2	366	1098	1373	58	183
T3	366	1098	915	115	183

Fonte: Elaborada pelo Autor

2.3 CONFECÇÃO DOS CORPOS DE PROVA

Os corpos de prova foram divididos segundo os traços em trélicas para avaliação por ensaios de compressão axial, realizada entre 7,0, 14,0 e 28,0 dias para todos os corpos. Os corpos com dimensões de diâmetro $\varnothing = 100$ mm, altura, $h = 200$ mm e volume de $v_c = 1,57 \times 10^3 \text{ cm}^3$, foram confeccionados seguindo as Normas ABNT: NBR 5739 e NBR 8522.

Produzidos numa betoneira para a mistura, o processo foi realizado com a inserção dos agregados miúdos, graúdos, cimento e água, com intervalo de 12s para a mistura dos materiais para se chegar a um traço homogêneo, totalizando em 3 minutos de preparo para cada traço.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO AXIAL

O ensaio de resistência à compressão foi executado com objetivo medir a eficiência de resistência à compressão axial dos corpos de prova (σ_z / Mpa) constituídos de brita 0 e de Ecobrita em variadas concentrações, segundo as NBR 5739 e NBR 8522.

Na Tabela 2 são apresentadas as relações mássicas e volumétricas para cada corpo de prova mediante ao traço. Na mesma tabela apresentam-se as respectivas massas específicas (μ_c = massa específica do corpo de prova) e a relação de redução de massa específica de cada corpo ao traço absoluto (μ_a), dada por (μ_c / μ_a), que estabelece um parâmetro adimensional máximo de 1,0 para o corpo de prova absoluto a qual diminui à medida que a massa específica do corpo de prova é reduzida pelo agregado incorporado.

Tabela 2- Relações mássicas e volumétricas dos corpos de prova para os diferentes traços referentes às suas massas (**m**), massas específicas (μ_c) e suas relação das suas massas específicas em função à dos corpos de prova absolutos.

Traço	m /g	μ_c /g.cm⁻³	μ_c / μ_a
T0	3294	2,10	1,00
T1	3134	2,00	0,95
T2	2895	1,84	0,88
T3	2494	1,59	0,76

Fonte: Elaborada pelo Autor

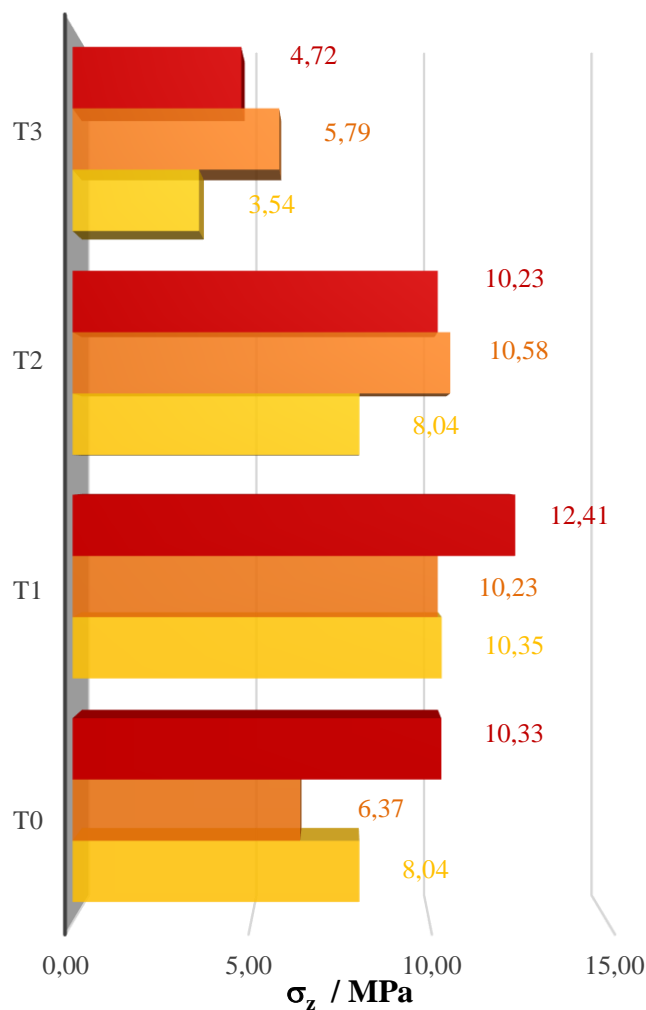
Nota-se a partir dos dados apresentados na Tabela 2 que a substituição da brita pela Ecobrita possui a vantagem da redução na massa total da cubagem de concreto para os traços executados onde o m³ é equivalente a 2900 kg para o traço absoluto (T0) têm-se uma redução de cerca de 100 kg ou 5% da massa para o traço T1, 260 kg ou 12% para T2 e finalmente 510 kg ou 24 % para T3. Entretanto, faz-se necessário uma avaliação da resistência à compressão obtida para cada um de modo a se determinar a viabilidade prática de suas aplicações.

Na Figura 1 são apresentados os resultados obtidos para os quatro traços mediante os tempos de cura em imersão. Conforme demonstra a figura, de uma forma geral todos os corpos de provas apresentaram menor resistência à compressão axial a quando dos rompimentos em 7,0 dias.

Os corpos de prova produzidos com resíduos apresentaram tendência de resistência moderada à compressão axial, com destaque para o traço T1 que ao longo de todos os períodos de análise obteve melhor resultado que os obtidos para o absoluto, atingindo a maior resistência à compressão $\sigma_z = 12,41$ MPa no ensaio de 28 dias após a cura do concreto.

Avaliado na mesma condição temporal, o traço T1 foi cerca de 20% mais resistente que T0 demonstrando o efeito conferido pela Ecobrita. A análise dos demais traços T2 igualmente mostraram-se superiores em resistência a compressão comparavelmente ao T0.

Figura 1- Gráfico da curva de resistência à compressão axial unidimensional para os traços T0 (absoluto), T1 (10% Ecobrita), T2 (25% Ecobrita) e T3 (50% Ecobrita) para os períodos (■) 7,0 dias, (■) 14,0 dias e (■) 28,0 dias.



Fonte: Elaborado pelo Autor

Por último T3 demonstra que o aumento da concentração de Ecobrita atua de forma negativa, diminuindo a resistência à compressão axial e a capacidade de resistência do concreto.

A razão para os resultados mais satisfatórios obtidos por T1 e T2 se devem à alguns fatores relacionados às características físicas da Ecobrita. Dentre elas, a rugosidade superficial, adquirida no processo de produção, a qual aumenta a adesão de

superfície conferindo maior resistência e superfície de contato. Porém esta propriedade também oferece maior número de espaços vazios que para estas proporções (T1 e T2) não exercem tanta influência no resultado final, mas que para os traços subsequentes com maior concentração de Ecobrita, mostrou-se um problema.

Outro fator que colabora para o aumento da resistência à compressão é fato da Ecobrita possuir relativa elasticidade quando submetida à compressão, ao contrário da brita cuja rigidez é homogênea e resulta no seu rompimento e fragmentação quando sobrecarregada pela compressão axial, a Ecobrita possui uma “casca” rija com seu interior mais mole e por isso, ao ser submetido à compressão axial, este material deforma-se ligeiramente de forma elástica sem romper.

Desta forma a Ecobrita absorve parte da energia da força normal e de mesma maneira, ajusta-se por deformação aos espaços vazios da estrutura do concreto sem romper-se ou deslizar por outras superfícies mais rijas.

Esta razão garante ao concreto a maior resistência às cargas longitudinais aplicadas na superfície uma vez que o seu rompimento se dá para valores mais elevados que ao da brita.

Porém, a natureza hidrofóbica da Ecobrita oferece resistência à coesão com o cimento na fase de mistura, uma vez que este necessita “molhar” a superfície para que a coesão seja possível.

Vale lembrar que, nenhum aditivo foi utilizado neste trabalho, desta maneira, à medida que se aumenta a concentração de Ecobrita aumenta-se também o número de pontos de fratura por unidade de volume devido ao aumento probabilístico de espaços vazios entre os grãos de Ecobrita e, por esta razão os traços T2 e T3 apresentam resistências menores que os obtidos por T1 e no caso específico de T3, menor que T0 inclusive.

Outro fator que colabora negativamente para o resultado inferior do T3 está também relacionado à natureza hidrofóbica da Ecobrita. Lembra-se que para os traços usaram-se agregados secos sendo que estes absorveram parte da água incorporando em suas estruturas, ao aumentar a concentração de Ecobrita por unidade de volume no traço T3 (50%), observa-se um aumento na disponibilidade de água em fase líquida, uma vez que esta acaba por não ser incorporada e desta maneira solubiliza o cimento diminuindo a resistência do concreto.

Ressalta-se também que todos os ensaios foram meticulosamente reproduzidos em cada traço de modo que não se aplicou a correção volumétrica de água justamente para poder avaliar todos os traços sobre as mesmas condições.

A análise dos resultados demonstra que apesar da resistência à compressão ser inferior aos 15,0 MPa obtidos por Guidio *et al* (2015), estes valores são próximos o bastante (12,41 MPa) para permitir que se considere que as melhorias no traço e a adição de compostos ligantes potencializem a resistência desta estrutura para valores superiores.

Um dado importante é que neste estudo se reproduziu o traço contendo 10% como o de melhor resultado tal como propôs Guidio *et al* (2015). Entretanto, neste estudo obteve-se resultados superiores aos de Hengen *et al* (2017), cujo trabalho propôs o uso de agregado EPS em forma de pérola para a confecção de blocos classe A, indicando a aplicação da Ecobrita para estes fins.

3.2 ANÁLISE FINANCEIRA

Uma vez que se busca avaliar os resultados da substituição da brita 0 por Ecobrita atendendo a demanda da sustentabilidade, os custos financeiros do produto precisam ser equacionados de modo a comprovarem a sua viabilidade prática.

Neste sentido elaborou-se uma planilha de custo tendo em conta os valores atribuídos a produção de 1,0m³ de concreto em suas condições absolutas e referentes ao traço e, reescrevendo a da Equação 02 em função do volume obtém-se:

$$vt = 1. x. vc + 3. x. vA + 5. x. (vb + ve) + 0,5. va \quad (03)$$

onde

x = incógnita

vc = volume de cimento / m³

vA = volume de areia / m³

vb = volume de brita / m³

ve = volume de Ecobrita /m³

va = volume de água /m³

Desta forma, ao se multiplicar os volumes individuais dos constituintes dos traços apresentados na Tabela 1 pelo custo referente a cada um deles, tendo em conta a

confeção de 1,0 m³ de concreto, pode-se avaliar qual o valor real da cubagem de concreto produzido por cada um dos traços.

Para isto, foram avaliados os custos do cimento, areia e água os quais são constantes sendo iguais à R\$ 508,36, R\$ 145,0 e R\$ 32,0/ m³ respectivamente. Entretanto, os custos da brita 0 (R\$ 96,0 /m³) e Ecobrita (R\$ 46,0/ m³ custo energético para produção de 1m³ de Ecobrita) oscilam em função das concentrações individuais presentes no traço. Para tal, estes valores foram normalizados na Equação 03 obtendo-se a Equação 04:

$$\$ = 508,36 \times vc + 145 \times vA + 5x \cdot (96 \cdot vb + 46 \cdot ve) + 16,0 \cdot va \quad (04)$$

Onde \$ = custo total do m³ de concreto.

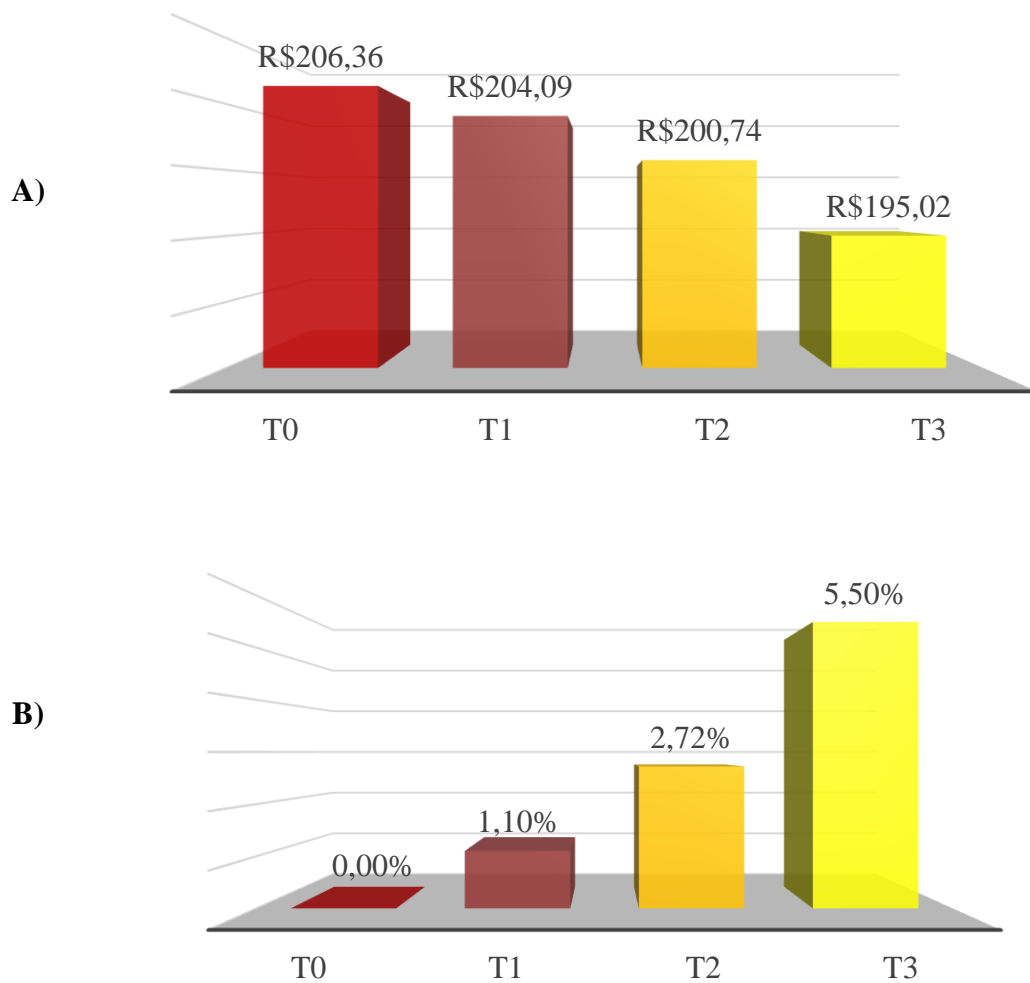
De posse da Equação 04, pode-se avaliar o custo total para cada 1.0 m³ de concreto produzido tal como demonstra a Figura 2A, nela é perceptível à redução dos custos devido a incorporação do agregado reciclado de Ecobrita.

É importante notar que para os resultados apresentados não são incluídos os custos de mão de obra e usinagem das estruturas. Os resultados demonstram um custo de cerca de R\$ 206,36 para o traço absoluto e sua gradual redução à medida que se incorpora a Ecobrita, destacando-se os seus valores de R\$204,09 para T1 e R\$200,74 para T2.

Como forma de mensurar de maneira mais clara os ganhos financeiros a Figura 2B apresenta a redução percentual advindo do custo reduzido do agregado de Ecobrita com uma redução do custo da cubagem atingindo um valor 1,1% inferior para o T, 2,72% para T2 e 5,5% para T3.

Como evidenciam ambas as Figuras (2A e B) já há uma vantagem competitiva de ordem econômica do uso da Ecobrita como agregado substituinte em traços de concreto, além da resistência a compressão comprovada pelos ensaios axiais, os custos de produção a partir de um descarte da indústria de polímeros torna o EPS na forma de Ecobrita uma atrativa alternativa contribuindo para a sustentabilidade via reciclagem de resíduos da construção civil e indústria de demolição.

Figura 2 -Análise dos custos financeiros mediante A) ao custo de produção do m³ de concreto em função do traço e B) a redução do custo percentual devido à incorporação do agregado.



Fonte: Elaborado pelo autor

4 CONCLUSÃO

Os resultados obtidos indicam perspectivas de melhoramento do material Ecobrita e sua aplicação como agregado em concreto uma vez que nos testes conduzidos, os traços contendo Ecobrita em menores concentrações apresentaram resistência à compressão axial superior comparativamente ao traço absoluto sem a utilização de aditivos.

Uma vez incorporada aos métodos construtivos, a Ecobrita oferece vantagens como redução da massa final da estrutura e conseqüente redução das cargas aplicadas às fundações tal como os demais resíduos de EPS, entretanto, este material oferece ainda a dureza semelhante a da brita o que amplia a sua capacidade de resistência à compressão.

Adicionalmente este produto pode ser introduzido numa gama variada de produtos destinado a construção civil que vão desde pavimentação, revestimentos especiais até coberturas devido a sua versatilidade.

Do ponto de vista financeiro, a Ecobrita apresenta-se viável obtendo custos por cubagem de concreto inferior aos obtidos para a brita natural e, por se tratar de produto oriundo de resíduos, pode contribuir para a destinação correta do EPS o qual encontra no Brasil uma barreira para seu processamento e correto descarte.

A partir destes resultados é possível extrapolar modificações no traço de modo a corrigi-lo e aperfeiçoá-lo para as condições ideais de cada um. Neste sentido, a solução deste problema quanto à coesão superficial já está sendo feita e novos trabalhos modificando o traço e até mesmo incluindo aditivos específicos para melhorar ainda mais a adesão da Ecobrita ao concreto.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao programa BIC FAIP (Bolsa de Iniciação Científica - Engenharia Civil, 2016-2017) pela concessão de bolsa de iniciação científica e desenvolvimento do projeto, também agradecem a ISOMAR e ISOPAM pelo auxílio técnico.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. NBR-7181–**ANÁLISE GRANULOMÉTRICA DE SOLOS**: 1984.

_____. NBR 8522: Concreto - **DETERMINAÇÃO DOS MÓDULOS ESTÁTICOS DE ELASTICIDADE E DE DEFORMAÇÃO E DA CURVA TENSÃO-DEFORMAÇÃO**. Rio Janeiro: 2003.

_____. NBR 10004: **RESÍDUOS SÓLIDOS – CLASSIFICAÇÃO**. Rio de Janeiro, 2004.

_____. NBR 5739: Concreto - **ENSAIO DE COMPRESSÃO DE CORPOS-DE-PROVA CILÍNDRICOS**. Rio de Janeiro, 2007.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMPRESAS DE LIMPEZA PÚBLICA E RESÍDUOS ESPECIAIS. **PANORAMA DOS RESÍDUOS SÓLIDOS NO BRASIL 2016**. São Paulo: ABRELPE, 2017.

BORGES, Éverton; GONÇALVES JUNIOR, Elcio Luiz, Almeida, Indira Maria Fernandes: **ISOPEDRA, SUAS CARACTERÍSTICAS FÍSICAS ANTE AO EPS – POLIESTIRENO EXPANDIDO**. Revista Científica de Ciências Aplicadas –FAIP, v. 4, n. 7, 2017, p 66,77.

EPS BRASIL. Disponível em: <<http://www.epsbrasil.eco.br/aplicacoes.html>>Acessado em novembro de 2017.

GUIDIO, Bruno Peruqui et al. **ANÁLISE DAS PROPRIEDADES FÍSICAS E MECÂNICAS DO CONCRETO PRODUZIDO COM POLIESTIRENO EXPANDIDO (EPS)**. In: Colloquium Exactarum. 2015. p. 40-48.

HENGEN, Mirdes Fabiana et al. **REUTILIZAÇÃO DE RCC E EPS NA FABRICAÇÃO DE BLOCOS DE CONCRETO ESTRUTURAL**. Revista Infinity, v. 2, n. 1, 2017.

UCHÔA, Sílvia Beatriz Beger et al. **PROSPECÇÃO TECNOLÓGICA: PAINÉIS DE VEDAÇÃO UTILIZANDO CONCRETO LEVE E MATERIAIS RECICLADOS**. Cadernos de Prospecção, v. 8, n. 4, p. 786, 2015.