

ROCHA ARTIFICIAL PRODUZIDA COM RESÍDUO DE MARMORARIA E VIDRO COMINUIDO

Márcia Helena Beck¹; Emilly Berlanda da Silva²; Juliana Abatti Stopassoli³.

Resumo

Hoje, a indústria da Construção Civil é reconhecida como uma das mais importantes atividades para o desenvolvimento econômico e social, mas por outro lado, comporta-se ainda como grande geradora de impactos ambientais. As atividades de construção, demandam uma notável quantidade de materiais, tais como areia e brita, que usualmente são retirados mediante a extração de recursos naturais. Esses materiais podem ser substituídos por resíduos produzidos nas cidades, com o vidro, proveniente de embalagens pós consumo e pó de rocha, que é um rejeito do polimento de mármore e granitos. Objetivou-se com esta pesquisa, produzir, testar e orçar, um tipo especial de concreto para confecção de rocha artificial, substituindo-se os agregados naturais (brita e areia) por vidro cominuído e resíduo de pó de rocha de marmorarias, provenientes da Cidade de Foz do Iguaçu. Para a confecção das amostras utilizou-se: água, areia, cimento branco, vidro cominuído e pó de rocha. Foram testados dois traços 1:3:1 e 1:1:0,33, e três diferentes percentuais de substituição. A brita foi substituída por vidro cominuído em proporções que variaram entre 0 a 75% e granulometria entre de 4,75 mm e 9,5 mm. A areia foi substituída por resíduo de pó de rocha em proporções que variaram entre 0 e 33%. Foram estudadas as propriedades físicas e mecânicas do concreto. Os ensaios realizados foram: abatimento do tronco de cone, resistência a compressão, índices físicos e coeficiente de dilatação linear. No entanto, apenas na maior substituição dos agregados naturais por artificiais, o concreto denominado de CP-03 (75% de substituição de brita por vidro e 25% de areia por resíduo de marmoraria) apresentou características estéticas desejáveis para a produção de rocha ornamental. Os resultados mostram que no ensaio do abatimento do tronco de cone houve perda de fluidez de 26% em relação ao CP-R referência (concreto sem substituições); a absorção de água do CP-03 em relação ao CP-R diminuiu em 36% e houve um acréscimo de 10,51% na massa específica; a dilatação térmica do concreto com adição de vidro e resíduos de marmorarias, aumentou em relação ao CP-R, (CP-R $1,0 \times 10^{-5}$ mm/°C e CP-03 o coeficiente $5,4 \times 10^{-5}$ mm/°C). Verificou-se também que aos 28 dias o CP-03 perdeu resistência a compressão de aproximadamente 17%, em relação ao CP-R (30MPa) porém este fator não impossibilita a produção do concreto para fins ornamentais, já que sua resistência pode ser considerada alta (25 MPa). A análise da viabilidade econômica indica que produzir rocha artificial, com substituição dos agregados naturais por vidro cominuído e resíduos de pó de rocha, é aproximadamente 85% mais econômico se comparado aos valores praticados no mercado local para rochas artificiais.

Palavras-chave: concreto, vidro cominuído; pó de mármore; reutilização, agregado.

Abstract

Today, the Civil Construction industry is recognized as one of the most important activities for economic and social development, but on the other hand, it still behaves as a great generator of environmental impacts. Construction activities demand a remarkable number of materials, such as sand and gravel, which are usually removed through the extraction of natural resources.

¹ Doutora em Agronomia pela Universidade de Passo Fundo-UPF; professora do Instituto Federal de Ciência e Tecnologia do Paraná, Campus Foz do Iguaçu; e-mail: marcia.beck@ifpr.edu.br.

² Graduada em Técnico em Edificações pelo Instituto Federal de Ciência e Tecnologia do Paraná, Campus Foz do Iguaçu; e-mail: emillyberlanda@hotmail.com.

³ Graduada em Técnico em Edificações pelo Instituto Federal de Ciência e Tecnologia do Paraná, Campus Foz do Iguaçu; e-mail: julianaabattistopassoli@gmail.com.

These materials can be replaced by waste produced in cities, such as glass from post-consumer packaging and rock dust, which is waste from the polishing of marble and granite. The objective of this research was to produce, test and estimate a special type of concrete for making artificial rock, replacing the natural aggregates (gravel and sand) by comminuted glass and stone dust residue from marble works, from the City of Foz do Iguaçu. For the preparation of the samples it was used: water, sand, white cement, comminuted glass and rock powder. Two traits 1:3:1 and 1:1:0.33 and three different substitution percentages were tested. The crushed stone was replaced by comminuted glass in proportions ranging from 0 to 75% and particle size between 4.75 mm and 9.5 mm. The sand was replaced by rock dust residue in proportions ranging from 0 to 33%. The physical and mechanical properties of concrete were studied. The tests performed were: slump of the cone trunk, compressive strength, physical indices and coefficient of linear expansion. However, only in the largest replacement of natural aggregates by artificial ones, the concrete called CP-03 (75% replacement of gravel by glass and 25% of sand by marble residue) presented desirable aesthetic characteristics to produce ornamental stone. The results show that in the test of slumping of the cone trunk there was a loss of fluidity of 26% in relation to the CP-R reference (concrete without replacements); the water absorption of CP-03 in relation to CP-R decreased by 36% and there was an increase of 10.51% in specific mass; the thermal expansion of concrete with the addition of glass and marble residues increased in relation to CP-R, (CP-R 1.0×10^{-5} mm/°C and CP-03 the coefficient 5.4×10^{-5} mm/°C). It was also found that at 28 days CP-03 lost a compressive strength of approximately 17%, compared to CP-R (30MPa) but this factor does not preclude the production of concrete for ornamental purposes, as its strength can be considered high (25 MPa). The economic feasibility analysis indicates that producing artificial rock, with replacement of natural aggregates by comminuted glass and rock dust residues, is approximately 85% more economical compared to the values practiced in the local market for artificial rocks.

Keywords: concrete; comminuted glass; marble dust, reuse, aggregate.

1 Introdução

A produção de Resíduos Sólidos Urbanos (RSU) aumentou significativamente a partir da década de 80, elevando o volume de resíduos em aterros sanitários e lixões. No Brasil 47% dos vidros consumidos são reciclados (CEMPRE, 2019). Considerando que se produzem cerca de 980 mil toneladas de vidro, por ano no Brasil, aproximadamente 480 mil toneladas acabam acumulando-se em aterros sanitários ou lixões, pois segundo CEMPRE, (2019) as embalagens de vidro não são biodegradáveis.

As embalagens de vidro possuem algumas particularidades: em primeiro lugar, existem dificuldades técnicas para se reciclar vidros de diferentes tipos e cores, tais como de embalagens e planos. Além disso, em cidades onde os catadores são responsáveis pela coleta seletiva, como Foz do Iguaçu, por exemplo, o vidro devido baixo valor de comercialização, ao alto peso e volume, normalmente não é recolhido. Atualmente a cidade de Foz do Iguaçu através do Decreto n. 27.192, de 6 de maio de 2019, instituiu a obrigatoriedade de estabelecimentos que vendem ou produzam (inclui-se condomínios residenciais) produtos que utilizem garrafas, a responsabilidade pela coleta e destinação de vidro. Portanto, hoje na cidade a Empresa

responsável pela coleta dos RSU não recolhe essas embalagens, cabendo ao gerador arcar com essa despesa.

No entanto, diversos resíduos, incluindo vidro cominuído, podem ser utilizados na construção civil como substitutos de agregados miúdos e graúdos. Como exemplo desta utilização, pode-se citar a adição de cinzas de bagaço de cana-de-açúcar ao concreto (CÂMARA et al., 2016) utilização de resíduo de EVA em blocos cimentícios (MELO, MENDONÇA, 2017), e o poliestireno sulfonado (material utilizado em copos plásticos descartáveis) picado e adicionado a argamassas (MOTTA et al., 2016).

Alguns autores estudaram a adição de vidro cominuído ao concreto (LÓPEZ et al., 2005; GOMES, PELISSER, 2011; LING et al, 2011) eles afirmam, que o uso de vidro como material agregado ao concreto colabora com a preservação de recursos naturais, diminuindo a quantidade de resíduos sólidos e possibilitando o desenvolvimento de um novo material sustentável.

Ling et al (2011) estudaram a utilização do vidro reciclado em argamassas com fins arquitetônicos e concluíram que é possível utilizar 100%, de vidro reciclado como agregado para a produção de uma rocha artificial para fins decorativos. Os resultados deste estudo mostraram que houve melhora no desempenho da trabalhabilidade e do encolhimento de secagem, porém, houve redução das forças de resistência a flexão e compressão com o aumento do resíduo de vidro.

O reaproveitamento de embalagens de vidro agregado ao concreto ou argamassas pode ser utilizado em diversas funções, como substituição de rochas ornamentais (mármore e granitos) em revestimentos de pisos, paredes, piscinas e bancadas, visando à redução de impactos ambientais provocados pela extração de recursos naturais como mármore e granitos.

O Brasil é um grande produtor e consumidor de pedras ornamentais, movimentando cerca de 1,21 bilhões de dólares, o que representa 6% do mercado mundial. Seu consumo interno é de 70,3 milhões de metros quadrados (m²) incluindo rochas de processamento simples e especial, dentre estas, incluem-se as rochas artificiais denominadas comercialmente de marmoglass, ecomarmore e silestone (ABIROCHAS, 2016).

Objetivou-se com esta pesquisa, produzir, testar e orçar, um tipo especial de concreto para confecção de rocha artificial, substituindo-se os agregados naturais (brita e areia), por vidro cominuído e resíduo de pó de rocha.

2 Materiais e métodos

2.1 Materiais

Utilizou-se o cimento Portland Branco estrutural classe 32 MPa, como material aglomerante. Este material foi escolhido, pois atende as necessidades estéticas para a concepção de uma rocha ornamental. O resíduo de vidro cominuído (RV) utilizado foi do tipo soda-cal oriundo de garrafas pós consumo, nas cores verde e marrom, obtidas no aterro sanitário do município de Foz do Iguaçu- PR.

A granulometria do resíduo de vidro utilizado para substituir o agregado graúdo, foi obtida através de peneiramento com base na Norma Brasileira NBR 7211 (ABNT 2005). Utilizou-se os materiais retidos nas peneiras com aberturas de 4,75 mm e 9,5 mm.

O agregado miúdo natural utilizado foi a areia quartzosa média extraída do rio Paraná, com partículas passantes na peneira com abertura de 0,6 mm e retidos na peneira com abertura 0,25 mm. Utilizou-se também como agregado miúdo pó de rocha proveniente de resíduos do corte e beneficiamento de mármore e granitos (PR – Pó de rocha).

2.2 Proporções da mistura

Para a confecção das amostras utilizou-se os traços 1:3:1 e 1:1:0,33 com diferentes substituições dos agregados conforme Tabela 1.

Tabela 1 - Traços do concreto e percentuais de substituição dos agregados naturais por resíduo de vidro (RV) e pó de rocha (PR)

Amostras	Traços c: a: b ¹	RV PR	
		%	
CP - R	01:03:01	0	
CP - 01	01:03:01	33	33
CP - 02	01:03:01	66	0
CP - 03	01:01:0.3	75	25

Fonte: Os autores, 2021.

¹ c: a: b: cimento: agregado miúdo: agregado graúdo.

O fator água-cimento foi mantido 0,55 para todos os traços e substituições. A granulometria do RV substituído em cada CP é apresentada na tabela 2.

Tabela 2 - Percentual de vidro cominuído substituído pelos agregados naturais e sua granulometria utilizado na substituição dos agregados

Amostras	Resíduo de vidro	
	4,75 mm	9,5 mm
CP-R	%	
CP-01	0	
CP-02	100%	0%
CP-03	40%	60%
CP-03	20%	80%

Fonte: Os autores, 2021.

CP - Corpo de prova; R - Referência.

2.3 Preparações das amostras

Foram executados cinco CP's de cada traço e os valores apresentados referem-se a média das cinco determinações. Para avaliar as propriedades do concreto, os corpos de prova foram moldados de acordo com Norma Brasileira NBR 5738 (ABNT, 2003). Eles foram, então, curados ao ar por 24 h e submetido à cura em água a 20 ± 3 ° C, até os 28 dias.

Para-se produzir materiais com diferentes aspectos estéticos (cores), utilizou-se pigmentos em pó, usualmente utilizados na construção civil, compostos de oxido de ferro, em diferentes colorações.

2.4 Métodos de ensaio

2.4.1 Determinação da consistência pelo abatimento do tronco de cone – Slump Test

A consistência do concreto foi determinada pelo ensaio de abatimento do tronco de cone, realizado de acordo com a norma MERCOSUL NBR NM 67 (ABNT 1998), como pode-se observar na figura 1.

Figura 1 - Ensaio para determinação da consistência pelo abatimento de cone de tronco



Fonte: Os autores, 2021.

2.4.2 Absorção de água, massa específica

Realizou-se o ensaio de acordo com a Norma Brasileira NBR 9778 (ABNT, 2005). Inicialmente, determinou-se a massa das amostras secas ao ar, mantendo-as em estufa á temperatura de 105 °C até massa constante. Posteriormente as amostras foram submetidas à imersão em água a temperatura de 23 °C durante 72 h, após saturação foram submetidas à fervura por 5 horas registrando-se a massa inicial e final e determinou-se a absorção de água e massa específica.

2.4.3 Coeficiente de dilatação linear

Foi determinado com base na norma Brasileira NBR 12815 (ABNT 1993). As amostras com idade mínima de 3 dias foram submetidas à temperatura de 38° C por 48 horas, em seguida foram submetidos à câmara fria a 2 °C. Verificou-se em cada etapa a deformação através de extensômetro, podendo-se assim determinar a dilatação térmica em mm/°c.

2.4.4 Resistência à compressão simples

Com base na Norma Brasileira NBR 5739 (ABNT, 2007), realizou-se o ensaio para determinação da resistência a compressão do concreto, conforme figura 2. Os CP's foram rompidos no Laboratório de Concreto da Itaipu Binacional. As amostras foram retificadas antes do rompimento. Como o estudo necessitava de um produto com estética equivalente a rochas artificiais usualmente vendidas no mercado, e apenas o CP 03 apresentou esta propriedade o ensaio de resistência a compressão foi realizado apenas com este traço (1: 1: 0,33).

Figura 2- Ensaio de Resistência à compressão simples.



Fonte: Os autores, 2021.

2.4.6 Análise da viabilidade econômica

Foi realizada a composição orçamentária do material e comparado seu custo final com o preço médio de rocha artificial decorativa (ecomarmore) praticado na cidade de Foz do Iguaçu.

A quantificação do material seguiu TCPO. Para a composição final do custo utilizou-se as informações do Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil (SINAPI). Utilizou-se um percentual para benefícios e despesas indiretas (BDI), no valor de 47%, que se refere a um valor médio de BDI (Valor de mercado referente ao mês de dezembro de 2019).

3. Resultados e discussões

3.1 Índices Físicos

3.1.2 Determinação da consistência pelo abatimento do tronco de cone, absorção de água e massa específica

A consistência do concreto é definida pelo abatimento do tronco de cone que é apresentado na tabela 3. Comparando-se com o resultado encontrado com a amostra de concreto referência (sem substituição dos agregados naturais), moldada no mesmo traço, observa-se uma diferença de 63 mm de abatimento, ou seja, uma perda da fluidez de aproximadamente 26% com a substituição dos agregados naturais por vidro cominuído e pó de rocha. Este resultado corrobora com os encontrados por López (2005) e Gomes (2011), que demonstraram que ao se aumentar a quantidade de vidro ao concreto há uma redução no abatimento. Neste trabalho os autores observaram que a adição de 20% de RV acarretou uma redução no abatimento de 2 mm em relação ao concreto convencional (4 mm), diminuindo a sua trabalhabilidade em 50%. Ling et al (2011) ao substituírem o agregado miúdo por RV observaram perda da fluidez. Segundo os autores isso ocorreria devido ao maior tamanho das partículas de RV em relação a areia. No entanto em outro estudo realizado por Beck et al. (2018), quando os autores substituíram o agregado miúdo em até 10% eles obtiveram melhora na trabalhabilidade, acima de 10% houve perda. Quanto a substituição do agregado graúdo, os mesmos autores observaram perdas de até 47% na trabalhabilidade. Neste estudo, o mesmo ocorreu, ou seja, perda da fluidez ao substituir-se os agregados naturais por artificiais, corroborando com Ling et al (2011) e Beck et al (2018).

Tabela 3 - Absorção de água, massa específica, e abatimento tronco de cone das amostras ensaiadas com e sem substituição dos agregados naturais por artificiais

Amostras	Absorção de água	Massa específica seca	Abatimento
	%	g/cm³	mm
CP - R ¹	24,0	2,34	85,0
CP - R ³	8,6	2,46	22,0

Fonte: Os autores, 2021.

¹ Corpo de prova de concreto referência.

² Corpo de prova com substituição dos agregados naturais por agregados artificiais.

Os resultados da tabela 3 mostram que houve uma diminuição de 36% com relação a absorção de água do concreto referência (CP-R). Segundo Park et al (2004) o aumento está associado a menor capacidade de absorção de água pelo resíduo de vidro em relação aos agregados convencionais. López et al (2005) constataram que o aumento da porcentagem de resíduo de vidro adicionado ao concreto substituindo a areia resulta em um aumento do índice de absorção de água e a redução da massa específica seca. No entanto, os resultados encontrados nesta pesquisa indicam o contrário, ou seja, a substituição dos agregados naturais por artificiais, provocou diminuição da absorção de água e aumento da massa específica, como pode-se observar na tabela 3. Neste trabalho, como o RV substituiu a brita e o PR a areia, o volume de vazios, provavelmente diminuiu em relação ao concreto de referência, diminuindo a absorção de água e aumentando a massa específica.

3.2 Coeficiente de dilatação linear

Houve um aumento na dilatação térmica do concreto CP - 03 se comparado com o CP-R, que possui um coeficiente de dilatação térmica média de $1,0 \times 10^{-5}$ mm/°C de acordo com a Norma Brasileira NBR 6118 (ABNT, 2003). No CP-03 obteve-se um coeficiente $5,4 \times 10^{-5}$ mm/°C. Esse fato, indica que este concreto especial, deverá ter maior dilatação do que os concretos convencionais, devendo-se prever juntas de dilatação com menor espaçamento.

3.3 Resistência à compressão simples

A média das cinco repetições, dos CP-R e CP-03, da resistência a compressão pode ser observada na Figura 2. Nota-se uma perda de resistência a compressão aos 28 dias de 5 MPa, ou seja, aproximadamente 17% se comparado ao concreto referência moldado no mesmo traço sem substituição dos agregados, conforme figura 2.

De acordo com Polley et al (1998) a redução da resistência à compressão do concreto, em relação ao aumento na substituição da massa por vidro cominuído, pode estar relacionada à

diferença na força de ligação entre cimento e o agregado. As forças de ligação entre o vidro e a pasta são menores comparando-se com a ligação da pasta com agregados naturais.

Segundo Meyer e Xi (1999) e Polley et al., (1998) o uso de resíduo de vidros com granulometrias grosseiras produz concretos com baixa resistência à compressão, quando usados como agregados, devido às características do vidro como: forma de fratura, características superficiais pobres e alta fragilidade. No entanto, os resultados indicam que a perda da resistência a compressão foi de apenas 17% se comparada ao concreto convencional. Este fato não inviabiliza a produção de rochas artificiais com substituição de agregados por vidro cominuído.

3.8 Análise da viabilidade econômica

A relação de materiais e os preços unitários e totais para a produção de rocha artificial, é apresentado na tabela 4. A tabela 5 relaciona os valores referentes a mão de obra. Os encargos sociais, BDI e o custo total estão expressos na tabela 6.

Tabela 4 - Relação de materiais, quantidades e preços para a produção de rocha artificial

Item	Qtde. ¹	Unid. ²	Preço Unitário	Preço Total
R\$				
Cimento branco	1	Kg	2,62	75,98
PR ³	7	Kg	0,00	0
Brita n° 0	0,007	m ³	59,6	0,42
Total				76,40

Fonte: Os autores, 2021.

¹ Quantidade; ² Unidade e ³ Pó de rocha.

Tabela 5 - Relação dos valores referentes a mão de obra para a produção de rocha artificial

Item	Qtde. ¹	Unid. ²	Preço Unitário	Preço Total
R\$				
Ajudante especializado	1	hr ³	17,68	17,68
Pedreiro	1	hr ³	19,31	19,31
Ajudante	2	hr ³	13,63	27,26
Total				64,25

Fonte: Os autores, 2021.

¹ Quantidade; ² Unidade e ³ horas.

Tabela 6 - Relação de encargos sociais, BDI e custo total para a produção de rocha artificial

Item	Porcentagem	Total
	%	R\$
Encargos sociais	36,8	17,78
BDI	47,0	61,02
Custo Total (R\$)		189,19

Fonte: Os autores, 2021.

A análise da viabilidade econômica mostra que é possível produzir rocha artificial com uma economia que pode chegar a 85% se comparando aos valores do mercado local de rochas artificiais, como por exemplo o marmoglass e ecomarmore (valor de mercado em dezembro de 2019 R\$ 850,00 por m²).

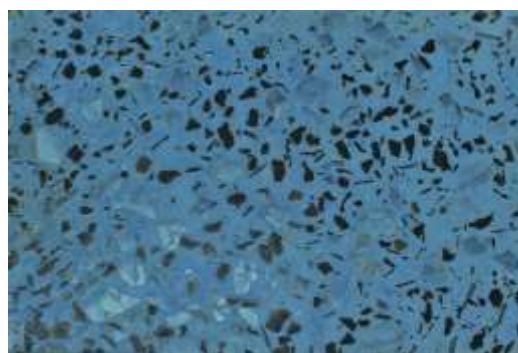
3.9 Aspecto visual do produto final

As figuras 4 e 5 demonstram o aspecto final do produto obtido na produção de rochas artificiais utilizando-se RV e PR. Na figura 6 pode-se observar o aspecto de uma peça de marmoglass vendida no mercado local. Esteticamente a rocha artificial produzida neste estudo possui características visuais similares.

Figura 4 - Aspecto final da rocha artificial produzida com vidro cominuído e pó de rocha



Figura 5 - Aspecto final da rocha artificial obtido com pigmento azul



Fonte: Os autores, 2021.

Figura 6 - Aspecto de um mármore artificial comercializado como Silestone.



Fonte: Os autores, 2021.

4 Conclusão

A substituição de agregados naturais como areia e brita do concreto por vidro cominuído, produz perda de fluidez e diminuição da resistência a compressão em percentuais que não comprometem a qualidade final do produto, no entanto a substituição de agregados naturais por artificiais diminui a absorção de água, conseqüentemente aumenta a massa específica. Conclui-se que produção de rocha artificial utilizando-se vidro cominuído e pó de rocha, pode ser uma alternativa ambientalmente correta e economicamente viável.

Referências

- ABIROCHAS – Associação Brasileira da Indústria de Rochas Ornamentais, **Balanco das Exportações e Importações Brasileiras de Rochas Ornamentais em 2015**, Brasília, 2016.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **Agregados: Agregados para concreto - Especificação, NBR 7211**, Rio de Janeiro, 2005.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **Concreto: Procedimentos para moldagem e cura de corpos-de-prova, NBR 5738**, Rio de Janeiro, 2003.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **Concreto: Determinação da consistência pelo abatimento do tronco de cone, NBR 67**, Rio de Janeiro, 1998.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **Argamassa e concreto endurecidos: Determinação da absorção de água por imersão, Índice de vazios e massa específica, NBR 9778**, Rio de Janeiro, 2005.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **Concreto endurecido: Determinação do coeficiente de dilatação térmica linear, NBR 12815**, Rio de Janeiro, 1993.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **Ensaio de compressão de corpos de prova cilíndricos, NBR 5739**, Rio de Janeiro, 2007.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **Materiais Inorgânicos, determinação do desgaste superficial a abrasão, NBR 12042**, Rio de Janeiro, 1992.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **Projeto e execução de concreto armado, NBR 6118**, Rio de Janeiro, 2003.
- AMERICAN STANDARD OF TECHNOLOGY THE MATERIALS (ASTM). **Standard Test Method for Abrasion resistance of concrete (underwater method) West**, ASTM C 1138, Conshohocken, 1997. Disponível em: https://www.ripublication.com/ijcer_spl/ijcerv5n2spl_09.pdf. Acesso em: 24 mai. 2017. ISSN: 2278-3652.

BECK, M. H.; MARZURKIEWICZ, A. R.; SILVA, E. B.; SILVA, J. L. F. **Concreto com substituição parcial de agregados por vidro moído: relação entre resistência a compressão, trabalhabilidade e índices físicos**. 60º Congresso Brasileiro de Concreto, 2018.

CÂMARA, E.; PINTO, R. C. A.; ROCHA, J. C. Pega em argamassas com cinzas do bagaço da cana-de-açúcar- RIEM, **Revista Ibracon de estruturas e materiais**, v.9, p. 617 – 642, 2016. ISSN:1983-4195.

CEMPRE. **Compromisso empresarial para reciclagem**. Disponível em: <http://cempre.org.br/artigo-publicacao/ficha-tecnica/id/6/vidro> . Acesso em: 16 mai. 2019.

MEYER, C.; XI, Y. Use of recycled glass and fly ash for precast concrete. **Journal of materials in civil engineering**, v. 11, n. 2, 1999.

MELO, A. B.; MENDONÇA, T. N. M. Blocos cimentícios com resíduos de EVA para telhado verde extensivo modular: contribuição dos componentes no isolamento térmico-RIEM, **Revista Ibracon de estruturas e materiais**, v.10, p. 92 – 121, 2017. ISSN:1983-4195.

MOTTA, L. A. C. et al. Argamassa modificada com poliestireno sulfonado produzido a partir de copos plásticos descartados. *Revista IBRACON de Estruturas e Materiais*, v. 9, n. 5, p. 754-764, 2016. ISSN:1983-4195.

GOMES, C. C.; PELISSER, F. **Propriedades mecânicas do concreto com adição de vidro reciclado**. Universidade do Extremo Sul Catarinense, Criciúma, 2011. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/268351767>. Acesso em: 12 Abril. 2017.

LÓPEZ, D. A.; DE AZEVEDO, C. A. P.; BARBOSA NETO, E. Avaliação das propriedades físicas e mecânicas de concretos produzidos com vidro cominuído como agregado fino. **Cerâmica**, v. 51, p. 318-324, 2005.

LING, T. C.; POON, C. S.; KOU, S. C. Feasibility of using recycled glass in architectural cement mortars. **Cement and Concrete Composites**, v. 33, n. 8, p. 848-854, 2011. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.cemconcomp.2011.05.006>. Acesso em: 12 abr., 2017.

NEVILLE, A. M. **Propriedades do concreto**. São Paulo: Pini, 1923.

PARK, S. B.; LEE, B. C.; KIM, J. H. Studies on mechanical properties of concrete containing waste glass aggregate. **Cement and concrete research**, v. 34, n. 12, p. 2181-2189, 2004.

POLLEY, C. CRAMER, S. M.; CRUZ, R. V. Potential for using waste glass in Portland cement concrete. **Journal of materials in Civil Engineering**, v. 10, n. 4, p. 210-219, 1998.

CAIXA ECONÔMICA FEDERAL (CEF). Sistema nacional de pesquisa de custos e índices da construção civil, Preços de insumos. Curitiba, CEF, 2017. Disponível em: http://www.caixa.gov.br/site/Paginas/downloads.aspx#categoria_655. Acesso em: 5 Abril, 2017.

SHAO, Y. et al. Studies on concrete containing ground waste glass. **Cement and concrete research**, v. 30, n. 1, p. 91-100, 2000.