



11º SIMPÓSIO  
INTERNACIONAL  
DE QUALIDADE  
AMBIENTAL

02 A 04 DE  
OUTUBRO  
PORTO ALEGRE-RS  
TEATRO DA PUCRS



TEMA  
meio ambiente,  
política & economia

## REVISÃO BIBLIOGRÁFICA DA APLICAÇÃO DE AGREGADOS PLÁSTICOS NA PRODUÇÃO DE ARGAMASSA E CONCRETO NA CONSTRUÇÃO CIVIL

**Jéferson Andrei Ferreira de Souza** – jeferson.andrei@acad.pucrs.br – PUCRS

**Msc. Adriana da Silva Moura** – adrimoura10@gmail.com - UFRGS

**Dr. Claudio Luis Crescente Frankenberg** – claudio@pucrs.br – PUCRS

**Resumo:** *A incorporação de resíduos poliméricos na produção de argamassa e de concreto ganha crescente importância como estratégia para redução da utilização de matérias primas não renováveis no setor da construção civil. O presente trabalho de revisão bibliográfica teve por finalidade abordar os estudos já realizados desta aplicação. Ao analisar os resultados dos testes experimentais, notou-se que há uma considerável queda nas propriedades que se referem aos ensaios de compressão e flexão. Na maioria dos casos, houve redução em outras propriedades, exceto mediante a aplicação de fibras de polipropileno. Considerou-se a tecnologia estudada viável, sendo sugerida a continuidade de pesquisa científica na área.*

**Palavras-chave:** *Plástico, reciclagem, construção civil, argamassa, concreto*

Realização



Correalização



Informações:

qualidadeambiental.org.br  
abes-rs@abes-rs.org.br  
(51) 3212.1375



11º SIMPÓSIO  
INTERNACIONAL  
DE QUALIDADE  
AMBIENTAL

02 A 04 DE  
OUTUBRO  
PORTO ALEGRE-RS  
TEATRO DA PUCRS



TEMA  
meio ambiente,  
política & economia

## A REVIEW ON THE APPLICATION OF PLASTIC AGGREGATES IN THE PRODUCTION OF MORTAR AND CONCRETE IN CIVIL CONSTRUCTION

**Abstract:** *The incorporation of polymeric residues in the production of mortar and concrete gains importance as a strategy to reduce the use of nonrenewable raw materials in the civil construction field. The present review had the purpose of approaching the studies already accomplished of this application. When analyzing the results of the experimental tests, it was noticed that there is a considerable drop in the properties that refer to the tests of compression and bending. In most cases, there was reduction in other properties, except by the application of polypropylene fibers. The studied technology was considered viable, being suggested the continuity of scientific research in the area.*

**Keywords:** *Plastic, civil construction, recycling, mortar, concrete*

### INTRODUÇÃO

A crescente demanda por materiais que atendam especificações para a aplicação na construção civil gera o interesse na utilização de fontes alternativas que possibilitem a redução de custo e que confirmem melhora nas propriedades mecânicas apresentadas pelos insumos gerados.

Neste contexto, a utilização de resíduos poliméricos apresenta-se como uma alternativa na redução da utilização de matérias-primas naturais.

O presente trabalho realizou uma revisão bibliográfica sobre a utilização de resíduos poliméricos como agregado no concreto e na argamassa com a finalidade de possível aplicação destes materiais na construção civil. Foi discutida a natureza dos polímeros adicionados e o teor de substituição ou adição testado, avaliados em diferentes estudos.

Uma vez que a resistência a compressão configura um dos ensaios indispensáveis entre as avaliações da resistência mecânica do material agregado gerado, Foi dada maior ênfase a estes resultados. Em adição, será abordada a influência de módulo de elasticidade, resistência a flexão, densidade específica e ductilidade no material gerado.

### ESTUDOS DE AGREGADOS PLÁSTICOS NA CONTRUÇÃO CIVIL

A geração de resíduos tornou-se grande problema para os centros urbanos, gerando onerosos custos para a destinação de resíduos além de dificuldade de armazenamento pela baixa quantidade de espaços disponíveis para aterros (JOHN, 1999; JOHN, 2000; CURWELL; COOPER, 1998; GÜNTHER, 2000).

A construção civil é responsável por utilizar a maior parte dos recursos naturais, podendo consumir até 75% destes. Nesse contexto, verificou-se grande potencial para a utilização de materiais reciclados nesse setor (JOHN, 2000; LEVY, 1997; PINTO, 1999). A busca por alternativas sustentáveis e socioeconômicas cresce ao longo dos anos, fomentando o desenvolvimento de pesquisas que visem buscar soluções para a reutilização de produtos sustentáveis e a melhoria das propriedades mecânicas dos materiais produzidos.

Realização



Correalização



Informações:

qualidadeambiental.org.br  
abes-rs@abes-rs.org.br  
(51) 3212.1375



11º SIMPÓSIO  
INTERNACIONAL  
DE QUALIDADE  
AMBIENTAL

02 A 04 DE  
OUTUBRO  
PORTO ALEGRE-RS  
TEATRO DA PUCRS



TEMA  
meio ambiente,  
política & economia

Soluções isoladas não são suficientes para resolver o problema da geração de resíduos. Com isso, as indústrias devem buscar a minimização da utilização de recursos naturais não renováveis e da geração de resíduos (DORSTHORST; HENDRIKS, 2000).

Dentre os benefícios da utilização de resíduos na construção civil, podemos destacar a redução no consumo de recursos naturais não-renováveis (JOHN, 2000), a diminuição da necessidade em áreas de aterro (já que a construção civil representa aproximadamente 50% dos resíduos sólidos) (PINTO, 1999), a redução de gases de efeito estufa como CO<sub>2</sub> na produção de cimento Portland (JOHN, 1999).

Pelo fato de o plástico ter grandes demandas de consumo, por serem de grande versatilidade e por terem alta escala de produção, os materiais poliméricos acabam se tornando agentes nocivos para o meio ambiente no pós-consumo. Esse fato ocorre em função de os bens de consumo serem de curta vida útil e apresentarem difícil degradação. (Callister, 2002).

Muitas pesquisas visam utilizar como matéria-prima resíduos poliméricos na substituição parcial ou total de agregados na produção de argamassas e concretos na construção civil. Dentre os trabalhos experimentais avaliados nesta revisão bibliográfica específica, resíduos dos mais variados tipos são utilizados, como pneus, plásticos, vidros e aço (Siddique, 2007).

### **Agregados Plásticos na produção de Argamassa**

O trabalho de Mello (2011) utiliza polietileno de alta densidade reciclado (PEAD) substituindo a areia na produção de argamassa. Foram utilizados teores de PEAD de 10 %, 25 %, 50 % e 75 %. A Figura 1 apresenta amostras geradas utilizando esses valores. No entanto, observou-se que, para teores de 50 % e de 75 %, houve redução significativa de trabalhabilidade do material e visível segregação de partículas. Com base nesta observação experimental, os traços foram reformulados para um teor de até 25 % de agregado de PEAD e substituição do aditivo químico plastificante por um super plastificante visando a redução do teor de água no preparo da argamassa. A nova formulação dos traços fixou o teor de PEAD em 10 %, 17 % e 25 %. Somado a isso, utilizou-se como controle um traço com 0 % do teor de PEAD. Nos resultados de ensaios de compressão, obteve-se redução da resistência nas três diferentes amostras em relação à amostra de controle. As reduções observadas foram de 28 %, 12 %, e 33 %, respectivamente, nas amostras com teores de 10 %, 17 %, e 25 %.

Houve um aumento significativo da ductilidade nos ensaios de compressão nas amostras com teores de 17 % e de 25 % de PEAD. O aumento foi da ordem de 50 % e de 90 %, respectivamente, em relação à de referência. Já para a amostra com teor de 10 %, não obteve aumento da ductilidade.

Quanto ao módulo de elasticidade, obteve-se diminuição gradual com o aumento do teor de PEAD, sendo de 38 %, 45 % e 58 %, respectivamente, nas amostras em que o teor de PEAD agregado foi de 10 %, 17 %, e 25 %.

Houve diminuição da densidade específica nas três amostras, porém, de forma não gradual. A redução foi de 6,75 %, 0,72 %, e de 8,52 %, respectivamente, nas amostras em que o teor de PEAD agregado foi de 10 %, 17 %, e de 25 %. Todas as análises foram obtidas utilizando um traço com proporção de 1:6 de cimento, areia e agregado plástico num período de 36 dias de cura.

Akçaozoglú (2009) utilizou polietileno tereftalato (PET) obtido através de garrafas plásticas substituindo o teor da areia em até 100% de PET. Foram testadas também a substituição de 50 % de areia por 50 % em PET, bem como de 50 % do cimento por escória de alto forno (subproduto no processo de fabricação do aço e ferro fundido). O ensaio de resistência realizado após 28 dias de cura apontou 52 % de decréscimo nas amostras em que o teor de agregado de PET foi de 100 %, decréscimo de 42 % na amostra de 50 %, enquanto que a resistência a compressão se manteve uniforme e em torno de 46 %.

Realização

ABES-RS



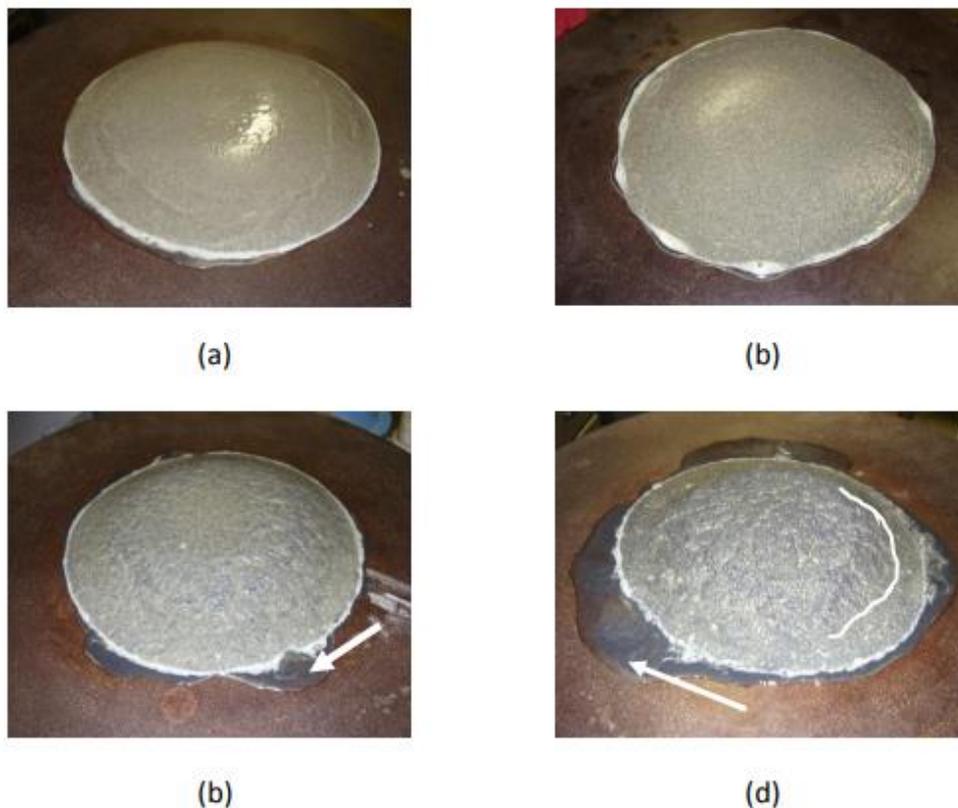
Correalização



Informações:

qualidadeambiental.org.br  
abes-rs@abes-rs.org.br  
(51) 3212.1375

FIGURA 1: Amostras obtidas ao empregar-se teores de PEAD na argamassa de 10 % (a), 25 % (b), 50 % (c), 75 % (d).



Choi *et al.* (2009) testou a substituição da areia em argamassa por PET com tamanho de partícula variando de 5 mm até 15 mm num teor de 25 %, 50 %, 75 %, e 100 %. Os resultados da análise de resistência a compressão indicaram diminuição de 12 % na amostra de teor de 25 %, chegando a redução de 42 % na amostra com teor de 100 % de agregado PET. Verificou-se também redução da absorção de água com o aumento da substituição da areia pelo PET.

Canellas (2009) substituiu areia da argamassa por garrafas PET, utilizando teor em volume de 10 %, 30 %, 50 %, e de 70 %, e teor em massa de 10 %, 30 %, e de 50 %. Valores de 70 % de teor em massa do agregado PET não foram utilizados pelo fato de proporcionarem altas perdas de resistência. Utilizou-se um traço de 1:4 de cimento e areia como referência. A granulometria do PET reciclado foi de 1,41 mm e de 2,0 mm, considerados como agregado miúdo. Os ensaios foram realizados após 28 dias de cura das amostras. Nos ensaios após 28 dias de cura, observou-se redução gradual da resistência a compressão das amostras em relação à de referência. Nas amostras em que o teor de PET adicionado foi em volume, a redução foi de 11 %, 39 %, 58 %, e de 69 %, respectivamente, nas amostras com teor de 10 %, 30 %, 50 %, e de 70 %. O autor salienta que ao utilizar agregados em volume, deve-se atentar à diferença das massas específicas dos materiais constituintes e seu efeito sobre o agregado final. Nos ensaios feitos com teor em massa de PET reciclado, a redução foi de 5,0 %, 82 %, e de 89 %, respectivamente, nas amostras de 10 %, 30 %, e 50 %.

Marzouk (2006) também verificou queda nas propriedades de resistência a compressão e flexão, chegando a 32,8 % quando o teor de PET reciclado utilizado como agregado foi de 50 %. Acima desse teor, as propriedades apresentaram redução abrupta. Propriedades superiores foram verificadas

Realização



Correalização



Informações:

qualidadeambiental.org.br  
abes-rs@abes-rs.org.br  
(51) 3212.1375



11º SIMPÓSIO  
INTERNACIONAL  
DE QUALIDADE  
AMBIENTAL

02 A 04 DE  
OUTUBRO  
PORTO ALEGRE-RS  
TEATRO DA PUCRS



TEMA  
meio ambiente,  
política & economia

quando o tamanho do agregado foi de até 5 mm. As amostras apresentaram redução no módulo de elasticidade de até 50 % quando utilizado teor de 50 % de PET reciclado.

Hannaie *et al.* (2010) utilizou policarbonato (PC) e PET, ambos reciclados, com dimensões de 3,15 mm até 6,3 mm e teor de substituição do material reciclado foi de 3 %, 10 %, 20 %, e 50 %. Após tempo de pega, visualizou-se queda na densidade da argamassa com o aumento do teor de agregado. No ensaio de compressão, a redução foi de 9,8 %, 30,5 %, 47,1 %, e de 69 % nas amostras com teor de resíduo PET com teor de 3 %, 10 %, 20 %, e 50 %, respectivamente. Por sua vez, mediante utilização de PC nos mesmos teores, a redução foi mais satisfatória que aquela obtida com PET, obtendo queda de 6,8 %, 27,2 %, 46,1 %, e 63,9 % em relação a uma amostra de referência com teor de 0 % de agregado plástico. Houve diminuição no módulo de elasticidade em aproximadamente 6,0 %, 17 %, 28 %, e 63 % nas amostras com agregado de PC, e diminuição de 1 %, 17 %, 34 %, e 63 % nas amostras com agregados de PET, respectivamente, nas amostras em que o teor de agregado foi de 3 %, 10 %, 20 %, e 50 %.

### Agregados Plásticos na produção de Concreto

Al-Manaseer e Dalal (1997) utilizou diferentes tipos de plásticos e diferentes misturas de água/cimento. As amostras receberam uma porcentagem de agregado plástico num teor de 10 %, 30 %, e 50 %, e submetidas a ensaios mecânicos. Através dos ensaios de compressão, foi possível concluir que, com o aumento do teor de agregados plásticos, a redução nas propriedades foram se acentuando. A redução foi de 34 %, 51 %, e de 67 % nas amostras com teor de 10 %, 30 %, e 50 %, respectivamente.

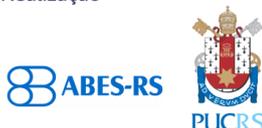
Houve diminuição também no módulo de elasticidade. Na amostra usada de referência, com teor de 0 % de agregados plásticos e razão de água/cimento de 0,28, o módulo de elasticidade foi de 24,3 GPa, enquanto que na amostra com substituição de 50 % de material polimérico e razão de água/cimento de 0,5, o módulo de elasticidade foi de 8,6 GPa.

Bayasi e Zeng (1993) incorporou fibras de polipropileno num teor de 0,1 %, 0,3 %, e de 0,5 % em dois diferentes tamanhos de fibras, 12,7 mm e 19 mm de dimensão. Os ensaios de compressão indicaram, em alguns casos, aumento da resistência. Nas amostras em que foram utilizadas fibras com dimensão de 12,7 mm, a força de compressão apresentou um aumento de 19,3 % na amostra com 0,1 % e 0,3 % de incorporação de material plástico, e redução de 2,5 % na amostra com teor de 0,5 %. As amostras em que se utilizou fibra de polipropileno com dimensão de 19 mm, obteve-se aumento de 1,78 % na amostra de 0,3 %, e diminuição de 5,3 % e 1,78 % nas amostras com teor incorporado de 0,1 % e 0,5 %, respectivamente. Houve diminuição também do módulo de elasticidade.

Naik *et al.* (1996) utilizaram de 0,5 % a 4,5 % em massa de PEAD. Uma amostra com traço de 0 % de adição de agregado, foi usada como referência, suportando uma resistência a compressão de 35 GPa após 28 dias de cura. O material adicionado como agregado foi obtido através de trituração de embalagens descartadas utilizando tamanho mínimo de partícula de 4,8 mm. Os resultados de resistência a compressão não mostraram redução quando o teor de PEAD foi de 0,5 % e foi observada uma redução de aproximadamente 45 % quando o teor de adição foi de 2 %.

Choi *et al.* (2004) substituíram PET provenientes de garrafas e escória de alto forno num teor de 25 %, 50 %, e de 75% com tamanho de partícula que variaram de 5 mm a 15 mm e diferentes razões de água/cimento. Ao analisarmos a Tabela 1, verifica-se redução da resistência à compressão, módulo de elasticidade e resistência à tração em relação à amostra de referência em todas as amostras.

Realização



Correalização



Informações:

qualidadeambiental.org.br  
abes-rs@abes-rs.org.br  
(51) 3212.1375



Tabela 1 – Resultados experimentais obtidos por Choi *et al.* (2004).

a/c	% PET	Resistência à compressão (MPa)			Resistência à tração (MPa)	Módulo de elasticidade (GPa)	Slump (cm)
		3 dias	7 dias	28 dias			
0.53	0	18.4	24	31.5	3.27	23.5	10,0
	25	17.6	23.4	29.7	2.65	23.0	15,3
	50	17.1	21.5	26.3	2.25	21.2	19,9
	75	14.8	19.2	21.8	2.04	18.5	22,3
0.49	0	19.0	27.8	34.6	3.27	23.3	10,5
	25	18.8	26.7	33.7	2.76	22.8	15,4
	50	18.6	24.3	29.1	2.35	18.1	18,0
	75	15.8	21.6	23.2	1.94	16.7	21,4
0.45	0	24.8	31.3	37.2	3.32	25.5	13,5
	25	23.2	27.4	33.8	2.80	18.7	16,9
	50	22.0	26.5	31.8	2.55	17.3	18,4
	75	20.7	24.8	24.9	2.04	15.6	20,5

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Analisando os resultados obtidos pelos diferentes estudos referenciados, pode-se concluir que a utilização de agregados poliméricos como substituição ou adição aos agregados naturais da argamassa e do concreto é viável, uma vez que se pode produzir insumos para a construção civil que apresentem propriedades adequadas. Ao mesmo tempo, essa aplicação configura reaproveitamento de resíduos polimérico, em geral embalagens, conferindo valor agregado a esses rejeitos e reduzindo a demanda por maiores áreas de aterros sanitários.

Foi relatada, na maior parte dos estudos, uma diminuição da resistência mecânica mediante utilização dos agregados poliméricos. No entanto, este problema pode ser atribuído em decorrência da fraca interação do agregado plástico com a pasta do cimento e a menor resistência do plástico em comparação com os agregados naturais da argamassa e concreto, além de haver diminuição no módulo de elasticidade e peso específico.

Estudos posteriores devem ser realizados para testar diferentes materiais e em proporções variadas de agregados em argamassa e concreto, visando obter melhora nas propriedades mecânicas do material gerado. Sugere-se que diferentes resíduos poliméricos sejam testadas com essa finalidade.

A redução na utilização de recursos naturais não-renováveis torna a tecnologia estudada sustentável.

Realização



Correalização



Informações:

qualidadeambiental.org.br  
abes-rs@abes-rs.org.br  
(51) 3212.1375



11º SIMPÓSIO  
INTERNACIONAL  
DE QUALIDADE  
AMBIENTAL

02 A 04 DE  
OUTUBRO  
PORTO ALEGRE-RS  
TEATRO DA PUCRS



TEMA  
meio ambiente,  
política & economia

## REFERÊNCIAS

AKCAOZOGLU, S.; ATIS, C.D.; AKCAOZOGLU, K. **Na investigation on the use of shredded waste PET bootles as aggregate in lightweight concrete.** *Waste Management*, v. 30, 2010.

AL-MANASEER, A. A.; DALAL, T.R. Concrete containing plastic aggregates. **Concrete International**. 8.ed., v.19. p. 47–52, 1997.

Bayasi, Z.; Zeng, J., 1993. Properties of polypropylene fiber reinforced concrete. **ACI Materials Journal**. 6.ed., p.605–610, 1990.

CALLISTER Jr., W. D. **Ciência e Engenharia de Materiais – Uma Introdução**, 5.ed., Rio de Janeiro, LTC: p. 529 – 534, 2002.

CANELLAS, S. S. **Reciclagem de PET, visando a substituição de agregado miúdo em argamassas**. 78p. Dissertação (Mestrado) – Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2005.

CHOI, Y. W.; MOON, D. J.; KIM, Y. J.; LACHEMI, M. **Characteristics of mortar and concrete containing fine aggregate manufactured from recycled waste polyethylene terephthalate bottles.** *Constr Build Mater*, 2009. Disponível em: <doi:10.1016/j.conbuildmat> Acesso em: 27 de abril de 2018.

CHOI, Y. W.; MOON, D. J.; CHUNG, J.S.; CHO, S.K. Effects of waste PET bottles aggregate on the properties of concrete. **Cement and research concrete**, 2004.

CURWELL, S.; COOPER, I. The implications of urban sustainability. **Building Research and Information**. V.26, no1, 1998. p. 17-28.

DORSTHORST, B.J.H; HENDRIKS, Ch. F. Re-use of construction and demolition waste in the EU. In: CIB Symposium: Construction and Environment – theory into practice., São Paulo, 2000. **Proceedings**. São Paulo, EPUSP, 2000.

GUNTHER, W.M.R. Minimização de resíduos e educação ambiental. In: SEMINÁRIO NACIONAL DE RESÍDUOS SÓLIDOS E LIMPEZA PÚBLICA, 7. **Anais**. Curitiba, 2000.

HANNAWI, K.; BERNARD, S.K.; PRINCE, W. Physical and mechanical properties os mortars conating PET and PC waste aggregates. **Waste Management**. 2010.

JOHN, V.M.J. Panorama sobre a reciclagem de resíduos na construção civil. In: SEMINÁRIO DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL E A RECICLAGEM NA CONSTRUÇÃO CIVIL, 2., São Paulo, 1999. **Anais**. São Paulo, IBRACON, 1999. p.44-55.

JOHN, V.M. Reciclagem de resíduos na construção civil – **Contribuição à metodologia de pesquisa e desenvolvimento**. São Paulo, 2000. 102p. Tese (livre docência) – Universidade de São Paulo.

Realização

ABES-RS



Correalização



Informações:

qualidadeambiental.org.br  
abes-rs@abes-rs.org.br  
(51) 3212.1375



11º SIMPÓSIO  
INTERNACIONAL  
DE QUALIDADE  
AMBIENTAL

02 A 04 DE  
OUTUBRO  
PORTO ALEGRE-RS  
TEATRO DA PUCRS



TEMA  
**meio ambiente,  
política & economia**

LEVY, S.M. **Reciclagem do entulho da construção civil, para utilização com agregados para argamassas e concretos.** São Paulo, 1997. 147p. Dissertação (Mestrado) – Universidade de São Paulo.

MARZOUK, O. Y.; DHEILLY, R. M.; QUENEUDEC, M. Valorization of post-consumer waste plastic in cementitious concrete composites. **Waste Management**, v. 27, p. 310-318, 2006.

NAIK, T. R.; SINGH, S.S.; HUBER, C. O.; BRODERSEN, B. S. Use of post-consumer waste plastics in cement-based composites. **Cement and concrete research**, 1996. v. 26, n° 10, p. 1489 – 1492.

PINTO, T.P. **Metodologia para a gestão diferenciada de resíduos sólidos da construção urbana.** São Paulo, 1999. 189p. Tese (Doutorado) – Universidade de São Paulo.

SIDDIQUE, R.; KHATIB, J.; KAUR, I. Use of recycled plastic in concrete: A review. **Waste Management**, 2007. Disponível em: <doi:10.1016/j.wasman.2007.09.011> Acesso em: 28 de abril de 2018.

VERONEZZI, FELIPE. **O Impacto da Construção Civil no Meio Ambiente.** Disponível em: <<http://www.forumdaconstrucao.com.br/conteudo.php?a=23&Cod=1827>> Acesso em: 28 de abril de 2018.

Realização



Correalização



Informações:

[qualidadeambiental.org.br](http://qualidadeambiental.org.br)  
[abes-rs@abes-rs.org.br](mailto:abes-rs@abes-rs.org.br)  
(51) 3212.1375