

Argamassas manufaturadas com substituição parcial do cimento por PET triturado

Mortars manufactured with partial substitution of cement by crushed PET

DOI:10.34117/bjdv7n5-027

Recebimento dos originais: 07/04/2021

Aceitação para publicação: 04/05/2021

Ana Maria Gonçalves Duarte Mendonça

Professora, Doutora em Engenharia Ciências e Engenharia de Materiais – UFCG
Endereço: Av. Aprígio Veloso, 882 – Bairro Universitário, Campina Grande – PB,
Brasil

E-mail: ana.duartermendonca@gmail.com

Loredanna Melyssa Costa de Souza

Doutora do Programa de Pós-graduação em Engenharia de Processos – UFCG
Endereço: Av. Aprígio Veloso, 882 – Bairro Universitário, Campina Grande – PB,
Brasil

E-mail: loredannamcs@gmail.com

Yane Coutinho Lira

Doutoranda do Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil - UFPE
Endereço: Av. Professor Moraes Rego, s/n, Iputinga, Recife - PE

E-mail: yane_coutinho@hotmail.com

Valter Ferreira de Sousa Neto

Doutorando do Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil e Ambiental – UFPE
Endereço: Av. Aprígio Veloso, 882 – Bairro Universitário, Campina Grande – PB,
Brasil

E-mail: valterneto51@gmail.com

Teresa Elane Bezerra Luz

Mestranda no Programa de Pós-graduação em Eng. Sanitária e Ambiental - UFRN
Endereço: Av. Senador Salgado Filho, 3000 - Complexo Tecnológico de Engenharia da
UFRN - GNOMO - Candelária - Natal – RN

E-mail: elanebluz@ufrn.edu.br

Camila Gonçalves Luz Nunes

Doutoranda no Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil e Ambiental - UFPB
Campus Universitário, s/n – João Pessoa-PB

E-mail: camilanunes.engcivil@hotmail.com

Pedro Henrique dos Santos Pereira

Graduado em Engenharia Civil pela Universidade Federal da Paraíba (UFPB)
Campus Universitário, s/n – João Pessoa-PB

E-mail: pedrohenrique.96ph@gmail.com

Maria Ingridy Lacerda Diniz

Mestranda do Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil e Ambiental - UFPB
Campus Universitário, s/n – João Pessoa-PB
E-mail: mariaingridydiniz@gmail.com

RESUMO

O descarte inadequado do PET vem ocasionado diversos problemas ao meio ambiente, como a superlotação dos aterros sanitários. Diante dessas circunstâncias, novas formas de manejo dos resíduos têm despertado muito interesse, como a incorporação dos resíduos plásticos em concretos e argamassas, seja como materiais inertes ou como modificadores da pasta de cimento, não se restringindo apenas na questão ambiental, mas também às possíveis modificações nas propriedades do compósito final. Deste modo, visando um aproveitamento adequado do resíduo, essa pesquisa buscou avaliar a resistência à compressão simples de argamassas incorporadas com o PET triturado em substituição parcial ao cimento nos teores de 5% e 10%. Para isso foram moldados corpos de prova nas dimensões de 5 cm x 10 cm e então avaliadas a resistência a compressão para as idades de 7, 14 e 28 dias. Observou-se que a substituição do cimento por PET ocasionou redução do valor de resistência á compressão para todos os teores de substituição e idades de cura em estudo.

Palavras-chave: Propriedades, argamassa, polímero.

ABSTRACT

The improper disposal of PET has caused several problems to the environment, such as overcrowding of landfills. Given these circumstances, new forms of waste management have aroused much interest, such as the incorporation of plastic waste in concrete and mortar, either as inert materials or as modifiers of the cement paste, not restricted only to the environmental issue, but also to possible changes in the properties of the final composite. Thus, aiming at an appropriate use of waste, this research sought to evaluate the compressive strength of mortars incorporated with crushed PET as a partial replacement for cement at 5% and 10%. To this end, test specimens were molded in the dimensions of 5 cm x 10 cm and then evaluated the compressive strength for ages of 7, 14 and 28 days. It was observed that the replacement of cement by PET caused a reduction in the value of compressive strength for all levels of replacement and ages of cure under study.

Keywords: Properties, mortar, polymer

1 INTRODUÇÃO

O bem-estar dos seres humanos pode ser modificado consideravelmente através da utilização de novas tecnologias científicas para a produção de bens de consumo. Um exemplo destas tecnologias é utilização do Politereftalato de etileno (PET) como embalagens de refrigerantes na substituição das garrafas “retornáveis” de vidro. Entretanto, a praticidade detes hábitos indica como contrapartida uma larga geração de

resíduos pós-consumos (MODRO, 2009). Todos os resíduos gerados durante o processo de consumo devem ter uma destinação adequada que no caso são os aterros sanitários. O PET pode levar cerca de 100 a 400 anos para se degradar, deste modo, a não reciclagem e o não reaproveitamento do PET geram uma maior demanda de matéria-prima não renovável, a exaustão prévia dos necessitando de novas áreas para deposição final dos resíduos (DUARTE, 2014).

Diante dessas circunstâncias, novas formas de manejo dos resíduos têm despertado muito interesse, como a incorporação dos resíduos plásticos em concretos e argamassas, seja como materiais inertes ou como modificadores da pasta de cimento, não se restringindo apenas na questão ambiental, mas também às possíveis modificações nas propriedades do compósito final (MELLO, 2011).

A ABNT NBR 13281/2005 define as argamassas como uma mistura homogênea de agregado(s) miúdo(s), aglomerante(s) inorgânico(s) e água, contendo ou não aditivos, com propriedades de aderência e endurecimento, podendo ser dosadas em obra ou em instalação própria (argamassa industrializada). Elas podem ser utilizadas em vários locais com função diferenciada, cada um dos empregos faz jus a uma série de propriedades que corresponde a um tipo de argamassa específico (SANTOS, 2014).

As argamassas devem apresentar características, como: permitir deformações necessárias para os diversos tipos de ambientes/situações; suportar/aderir aos blocos; resistir às cargas atuantes sem apresentar rupturas; complementar sistemas de isolamento acústico e térmico; ter adequada resistência à compressão, à tração e ao ataque de agentes químicos oriundos de materiais de limpeza (se alvenaria à vista), dentre outros (MARTINELLI, 1991).

Vários estudos têm sido realizados com a utilização de resíduos plásticos em concretos e argamassas, seja como modificadores da pasta de cimento, ou como materiais inertes, nesse último caso, com função de fibras de reforço ou de agregados leves. O resíduo pós-consumo mais utilizado experimentalmente foi o de garrafas PET, substituindo a areia percentualmente, em peso ou volume (CHOI et al., 2009; MARZOUK, 2006; CANELLAS, 2005, MODRO et al., 2009). Outros resíduos poliméricos também foram usados, embora em menor número, como o polietileno de alta densidade e o polipropileno (NAIK et al, 1996). Os resultados indicam que a adição de agregado leve de resíduos plásticos na argamassa ou concreto ocasionou uma relativa perda de resistência mecânica, aumento do teor de ar incorporado e redução da trabalhabilidade. Por outro lado, ocorreram também redução do peso específico e do

módulo de elasticidade e aumento da ductilidade das amostras com agregado leve de resíduo plástico. Desse modo, a adição de tais resíduos como agregados em compósitos cimentícios não se restringe apenas à questão ambiental, mas também à possíveis modificações nas propriedades desses compósitos, as quais, entre outros efeitos, pode reduzir a propagação de fissuras em decorrência de esforços mecânicos (MELLO et al., 2011).

Assim, este trabalho propõe avaliar a resistência à compressão da argamassa manufaturado com substituição do cimento por PET triturado nos teores de 5% e 10%.

2 MATERIAIS E METODOLOGIA

2.1 MATERIAIS

Os materiais utilizados para realização deste estudo foram:

Agregado miúdo: O agregado miúdo, utilizado na pesquisa, foi do tipo natural proveniente de jazida do leito do Rio Paraíba, apresentando diâmetro máximo de 2,36mm, finura igual a 2,42%, massa específica de 2,618g/cm³, massa unitária solta igual a 1,429g/cm³, e teor de materiais pulverulentos de 0,07%.

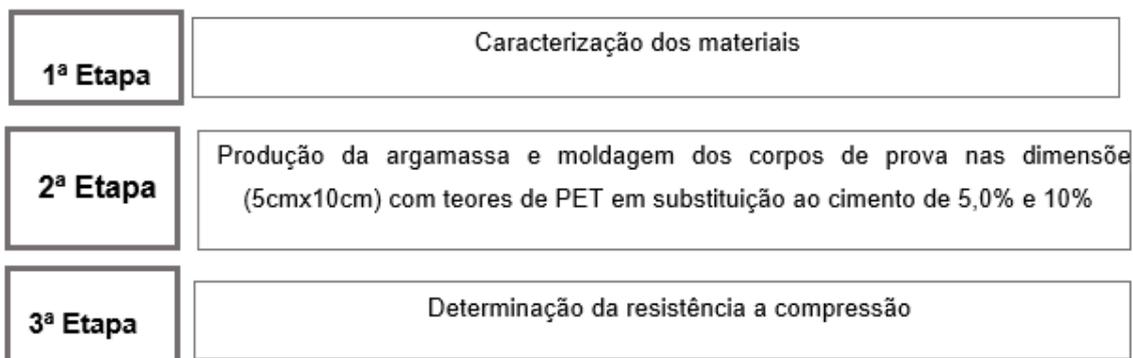
Cimento CII –Z: O cimento Portland foi obtido no comercio local do município de Santa Rita-PB, apresentando massa específica igual a 2,91 g/cm³ e finura igual 2,84%.

Politereftalato de etileno – PET: PET triturado proveniente da indústria PET Reciclagem, localizado no município de Campina Grande-PB, apresentando módulo de finura obtido para o PET é de 1,29 e Dimensão Máxima 0,60 mm, Massa unitária estado solto de 629Kg/m e Massa unitária no estado compactado de 768 Kg/m.

2.2 METODOLOGIA

A metodologia utilizada para realização deste estudo está apresentada no fluxograma da Figura 1.

Figura 1: Fluxograma das etapas da pesquisa



Os métodos de ensaios utilizados baseiam-se em normas, entre elas, da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), e normas internacionais da ASTM e da AASHTO. Após a escolha dos materiais foram feitos os estudos de dosagem e a produção dos corpos de prova. Em seguida a resistência dos corpos de prova foi medida por meio do ensaio de resistência a compressão simples.

Dosagem dos materiais

O traço utilizado na pesquisa foi o de 1:2:9, para a determinação do fator água/cimento (f_a/c) utilizou-se o método de Selmo e uma simplificação do Ensaio de Consistência.

Método de Selmo: propõe a dosagem racional de adições argilosas em argamassa de revestimento e assentamento a partir de curvas de trabalhabilidade que correspondem à relação entre agregados/cimento em misturas experimentais: ao variar a relação areia/cimento obtém-se empiricamente, a quantidade mínima de adição capaz de plastificar a argamassa.

Simplificação do Ensaio de Consistência: o ensaio de Consistência é regido pela NBR 13279 (Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e teto – Preparo da mistura e determinação do índice de consistência) ABNT (2005).

Utilizando-se os dois métodos obteve-se o fator água/cimento (f_a/c) igual a 2,18, o qual atende as condições de boa moldagem da argamassa. Assim obteve-se o traço de 1:2:9:2.18 que correspondem respectivamente as proporções de cimento, cal, areia e água.

Com o traço finalizado, iniciou-se o procedimento de cálculo das quantidades de materiais necessários para confecção dos corpos de prova. Algumas informações importantes par iniciar os cálculos: dimensões 5cmx10cm (diâmetro x altura).

Inicialmente realizou-se o cálculo do consumo de cada material pela Equação (01).

$$C = \frac{1000}{\frac{1}{\delta_c} + \frac{a}{\delta_a} + \frac{b}{\delta_b} + x} \quad Eq (01)$$

Onde:

δ_c , δ_a , δ_b são respectivamente, as massas específicas reais do cimento, areia e da brita;

1:a:b:x é o traço do concreto expresso em massa;

C é o consumo de cimento por metro cúbico de concreto, 1000 dm^3 .

Produção e preparação dos corpos de prova

Inicialmente foi realizada a pesagem dos elementos constituintes do material a saber, o cimento, areia e PET triturado. Sequencialmente foi realizada a homogeneização da mistura.

Os corpos de prova foram moldados segundo norma da ABNT NBR 13279 (Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e teto – Preparo da mistura e determinação do índice de consistência) ABNT (2005).

Para esta etapa foram moldados corpos de prova nas dimensões de $5\text{cm} \times 10\text{cm}$ para a argamassa de referência e para a argamassa incorporada com 10% e 15% de PET segundo a NBR 13279 (Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e teto – Preparo da mistura e determinação do índice de consistência) ABNT (2005).

Determinação das propriedades mecânicas da argamassa incorporada com PET

Resistência à compressão simples

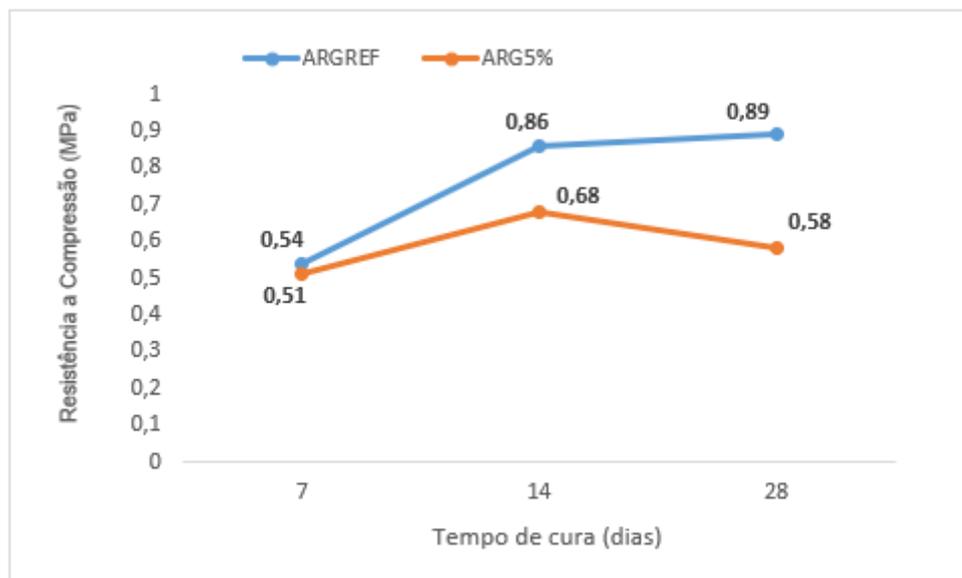
Para a caracterização mecânica da argamassa foi realizado o ensaio de resistência à compressão simples de acordo com a norma ABNT NBR 5739:2007, nas idades de 7, 14 e 28 dias, tendo como resultado final a médias dos três corpos de prova para cada idade.

Vale ressaltar que os corpos de prova foram rompidos por compressão simples em prensa localizada no Laboratório de Engenharia de Pavimentos da Universidade Federal de Campina Grande. Através dos diagramas tensão-deformação gerados, foram determinados os valores de módulo de elasticidade. Os resultados obtidos para resistência a compressão simples da argamassa representa a média de três corpos de prova.

3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

A Figura 2 ilustra os resultados obtidos para a resistência a compressão simples de argamassas incorporadas com PET no teor de 5%.

Figura 2: Resistência a compressão simples de argamassas de referência e com incorporação de PET no teor de 5%



De acordo com os resultados apresentados na Figura 2, observa-se que a substituição do cimento por PET promoveu a redução da resistência à compressão simples, este fato deve-se ao cimento ser o principal componente responsável pela evolução da resistência a compressão de argamassas. Conforme resultados obtidos, verifica-se que aos 28 dias houve uma redução de resistência à compressão em relação à argamassa de referência de 27,4%

De acordo com a NBR 13281/2005 a partir dos resultados de resistência à compressão obtidos aos 28 dias, as argamassas produzidas com substituição do cimento por PET no teor de 5% não atende aos parâmetros normativos.

Canellas (2005) substituiu a areia da argamassa por partículas floculadas de garrafas PET nos percentuais de 10%, 30% e 50% e verificou uma forte redução na resistência mecânica à medida que aumenta o teor de partículas de plástico na argamassa.

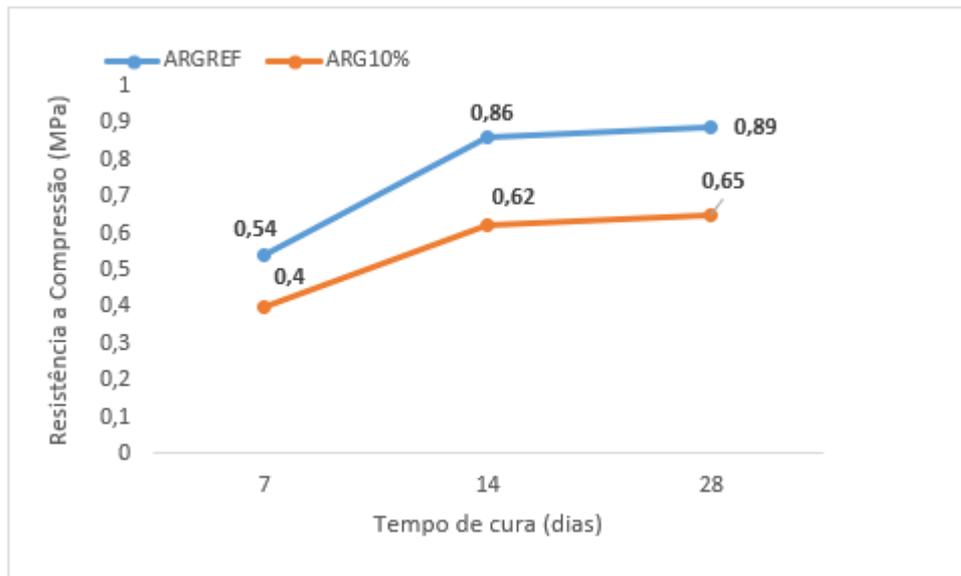
Marzouk (2006) em seus estudos, demonstram uma ligeira redução nas resistências à compressão e à flexão, 15,7% e 32,8%, respectivamente, quando foi efetuada a substituição de até 50% em volume da areia por resíduos de PET. Choi et al (2009), mostrou que a resistência a compressão decresceu em 5%, 15% e 30%, com a incorporação de agregado plástico em 25%, 50% e 75%, respectivamente.

Outro fator importante a levar em consideração nos experimentos foi a diminuição da trabalhabilidade de acordo com o aumento do teor de PET incorporado na argamassa, segundo Mello (2011) é ocasionada pela redução da homogeneidade das misturas, redução da consistência, retenção de água e uma maior segregação das

partículas da argamassa. Como também pelo fato do agregado de polietileno ter menor peso e maior volume comparado com o agregado natural e que os traços produzidos em peso apresentam um volume de PET bastante elevado.

A Figura 3 ilustra os resultados obtidos para a resistência a compressão de argamassa incorporadas com 10% de PET.

Figura 3: Resistência a compressão simples de argamassas de referência e com incorporação de PET no teor de 10%



Conforme resultados obtidos, verifica-se que a incorporação do PET a argamassa no teor de 10% contribuiu para ampliar a redução da resistência a compressão, obtendo-se aos 28 dias uma redução de 24,56% quando comparada a argamassa de referência, vale destacar ainda que com o aumento dos dias de cura ocorreu uma aumento gradativo da resistência no entanto os resultados obtidos para todas as idades analisados foram inferiores aos obtidos para a argamassa de referência.

Essa redução deve-se, primordialmente, a falta de interação química entre o polímero e a matriz cimentícia, que gera porosidade residual e maior absorção de água, logo, menor resistência, e a menor resistência mecânica intrínseca dos polímeros, em relação aos agregados naturais, mais resistentes.

Vaz (2016), estudou o desempenho de argamassas incorporadas com areia de PET, nos teores de 5%, 15% e 30%, em substituição ao agregado miúdo natural. Verificou que a substituição resultou no aumento da resistência a compressão, para teores pequenos, enquanto que maiores teores de incorporação resultaram na diminuição da resistência a

compressão. As amostras incorporadas com 5% e 15% de areia de PET obtiveram um ganho de resistência de 19% e 11,25%, respectivamente, em comparação com as argamassas de referência. A amostra incorporada com 30%, por sua vez, obteve uma redução na resistência de 19%, em comparação com a argamassa de referência.

Modro (2008), em seus estudos, analisou concretos de cimento Portland incorporados com filme de PET, areia de PET e flake de PET, em substituição do agregado natural. Verificou que a incorporação de areia de PET, no teor de 40%, o valor da resistência reduziu 87,39%. Para a incorporação de filme de PET, no teor de 4%, e de flake de PET, no teor de 40%, as resistências reduziram 49,80% e 59,82%, respectivamente, em comparação com os concretos de referência. Para todos os teores incorporados, em todas as idades das amostras, houve uma notável redução da resistência a compressão a medida que se aumenta os percentuais de substituição.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

De acordo com os resultados observados, pode-se concluir que:

A substituição do cimento por PET promove à redução da resistência a compressão por ser o cimento o principal componente responsável pela resistência da argamassa;

A substituição do cimento por PET promoveu a redução da resistência à compressão em relação à argamassa de referência em 27,4% e 34,56% respectivamente para os teores de 5% e 10%.

A argamassa produzida com 5% e 10% de PET em substituição ao cimento não atende aos parâmetros normativos estabelecidos pela norma da ABNT NBR 13281/2005.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT) Solo: análise granulométrica. NBR 7181. Rio de Janeiro, 1984.

_____. Concreto – Determinação da resistência à tração por compressão diametral. NM 8. Rio de Janeiro. 1984.

_____. Concreto – Procedimento para moldagem e cura de corpos de prova. NBR 5738. Rio de Janeiro. 2003.

_____. Concreto – Ensaio de compressão de corpos de prova cilíndricos. NBR 5739. Rio de Janeiro. 2007.

DNER – DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS DE RODAGEM (DNER). Agregado em estado solto – Determinação da massa unitária. ME 152. Rio de Janeiro. 1995.

_____. Agregados – determinação da massa específica de agregados miúdos por meio do frasco Chapman - ME 194. Rio de Janeiro. 1998

_____. Agregados – determinação do teor de materiais pulverulentos. ME 266. Rio de Janeiro. 1997.

_____. Agregados – determinação da massa específica real. ME 085. Rio de Janeiro, 1994.

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.

DUARTE, Eric Brum de Lima et al. **Resistência a compressão de argamassa composta por resíduo de construção e demolição e politereftalato de etileno (PET) em flocos.** Dissertação – UNINOVE, São Paulo, 2014.

MARTINELLI, F.A.; HELENE P.R.L. **Usos e funções das argamassas mistas destinadas ao revestimento de alvenarias.** Boletim técnico da escola politécnica da USP. Departamento de engenharia de construção civil. São Paulo: EPUSP, 11p. 1991.

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

MELLO, A.L. **Utilização de resíduos de PEAD como alternativa aos agregados naturais em argamassa.** 172p. Dissertação (Mestrado), Engenharia Ambiental Urbana, Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2011.

MENDONÇA, A. M. G. D. ***Determinação do módulo de elasticidade estático de pisos intertravados manufaturados com incorporação de polímero.*** In: Anais da Conferência Nacional de Patologia e Recuperação de Estruturas. 2017.

MODRO, N. L. R. et al. Avaliação de concreto de cimento Portland contendo resíduos de PET. ***Revista Matéria***, v. 14, n. 1, p. 725-736, 2009.

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.

SANTOS, W. J. ***Desenvolvimento de metodologia de dosagem de argamassas de revestimento e assentamento.*** Tese (Doutorado), Viçosa, Minas Gerais. 2014.