



Encontro Internacional sobre Gestão
Empresarial e Meio Ambiente

RESÍDUO FIBERGLASS: VIABILIDADE EM SUA APLICAÇÃO NO CONCRETO AUTOADENSÁVEL

LUCAS PINTO DE CARVALHO

Unileste MG

civil.carvalho@hotmail.com

JANE DA CUNHA CALADO

jadehera@ig.com.br

FABRÍCIO MOURA DIAS

Unileste

civil.carvalho@hotmail.com

RESÍDUO FIBERGLASS: VIABILIDADE EM SUA APLICAÇÃO NO CONCRETO AUTOADENSÁVEL

Resumo

Diversas empresas fabricam orelhões, caixas d'água, piscinas e até mesmo partes de conjuntos habitacionais feitos de polímero reforçado com fibras de vidro (fiberglass). Contudo, as propriedades intrínsecas e termofixas deste material dificultam a reutilização de seu resíduo, gerando anualmente toneladas de produtos inacabados. Este trabalho teve como objetivo substituir porcentagem da areia pelo pó do resíduo fiberglass no concreto autoadensável (CAA), composto tecnológico que oferece aos seus usuários alta fluidez, resistência a segregação e habilidade passante. Foram analisadas as propriedades do CAA no estado fresco e endurecido, observando a variação de suas características reológicas e mecânicas. O CAA com adição de 5% de resíduo teve sua trabalhabilidade reduzida nos ensaios espalhamento, T500 e Caixa-L. Em contrapartida, ofereceu maior resistência à compressão nas duas idades medidas.

Palavra-Chave: Fiberglass; Resíduos; Concreto Autoadensável.

WASTE FIBERGLASS: FEASIBILITY IN ITS APPLICATION IN SELF-COMPACTING CONCRETE

Abstract

Several companies manufacture water tanks, swimming pools and even parts of house made of reinforced polymer glass fibers (fiberglass). However, the intrinsic properties and thermosetting this material difficult to reuse their waste, annually generating tons of unfinished products. The study aimed to replace a percentage of sand by the fiberglass dust residue in self-compacting concrete (SCC), composite technology that offers high fluidity users, segregation resistance and passing ability. The SCC properties were analyzed in the fresh and hardened by observing the change of its rheological and mechanical characteristics. CAA with addition of 5% residue in the workability was reduced slump test, T500 and L-box test. On the other hand, has enhanced compressive strength measurements in both ages.

Keywords: Fiberglass; Residues; Self-Compacting Concrete.

Introdução

O compósito é o resultado da ligação íntima entre dois ou mais materiais com propriedades diferentes para a obtenção de um novo material eficaz e multifase, com melhoria nas performances individuais de cada um (CAVALCANTI, 2006). O ligamento de uma fase contínua (resina) e uma fase descontínua (fibra de vidro) agregados a um processo físico-químico de cura forma o compósito conhecido como plástico reforçado com fibras de vidro (PRFV) ou fiberglass (CARVALHO, 1992).

Segundo a Associação Latino-Americana de Materiais Compósitos (ALMACO), no Brasil cerca 216.000 toneladas do compósito fiberglass foram fabricadas em 2014, sendo que 49% são destinados somente à construção civil. São mais de 50 mil aplicações catalogadas em todo o mundo, entre os materiais fabricados estão tanques, barcos, ônibus, orelhões e até mesmo peças de aviões. Em consequência, enorme quantidade de resíduo é produzido anualmente, implicando em prejuízos ambientais e econômicos. Segundo Carvalho Filho (2000), é gerado em média 10.000 toneladas do resíduo por ano.

Empresas buscam acessibilidade de reutilização do resíduo fiberglass, mas ainda não encontraram formas economicamente satisfatórias para a reciclagem. Entre as destinações possíveis estão: hidrólise, pirólise, alcoólise e incinerações, todas vistas como alternativas inviáveis, em razão do custo operacional elevado e gases tóxicos emitidos (CARVALHO FILHO, 2000). Já a moagem, trituração e o pó do resíduo estão sendo estudados incessantemente, à procura de utilização em variados tipos de materiais.

É sabido que o concreto serve como investida para utilização de refugo de diversos materiais, não só pelo seu vasto campo de aplicação, como também pelas inúmeras possibilidades de substituição de seus componentes. O trabalho propõe a adição de resíduo fiberglass no concreto autoadensável (CAA), em substituição na porcentagem do agregado miúdo.

Desenvolvido em meados dos anos 80, o CAA é considerado um grande avanço em tecnologia de construções e, devido suas aplicações bem sucedidas, seu espaço vem sendo ampliado no Brasil e no mundo. É um concreto relativamente novo, com considerável carência em seus estudos, havendo até informações contraditórias (COUTINHO, 2011).

Problema analisado

A crescente utilização de agregados na construção civil faz com que seja imprescindível a procura por materiais que podem ser utilizados de forma alternativa. Segundo CZARNECKI (2001, apud GORNINSKI, 2002) para suprir a demanda populacional nos próximos 25 anos será necessário dobrar a quantidade de prédios já existentes. Como a areia não é renovável, a busca por materiais correspondentes torna-se indispensável para complementar a necessidade de agregados em construções futuras.

No mercado do Vale do Aço (região formada pelos municípios de Timóteo, Coronel Fabriciano, Ipatinga e Santana do Paraíso no Estado de Minas Gerais) alguns comerciantes sofrem com as leis direcionadas a extração dos agregados naturais, fazendo com que a demanda não satisfaça a oferta. Foi feita uma pesquisa em dois areas de referência na região, buscando informações quanto à capacidade de distribuição do agregado miúdo entre os anos de 2000 e 2014. Os dados obtidos são apresentados no gráfico 1.

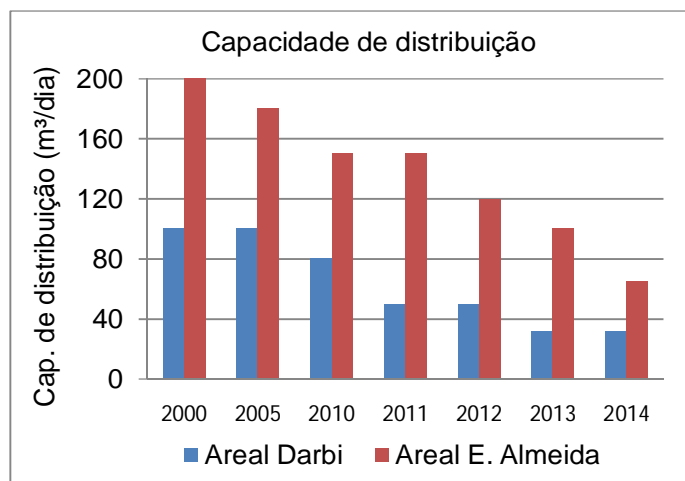


Gráfico 1: Redução na capacidade de distribuição da areia

É observado que nos últimos 15 anos a capacidade de distribuição da areia nas cidades pesquisadas foi reduzida em média 75% e, segundo os fornecedores do material, a tendência é piorar, devido à urbanização e insuficiência de chuva na região. Em paralelo, o preço do agregado vem sendo bastante valorizado, basicamente na mesma proporção em que decresce o seu abastecimento. O gráfico 2 retrata o aumento no preço do agregado miúdo entre os anos de 2000 e 2014.

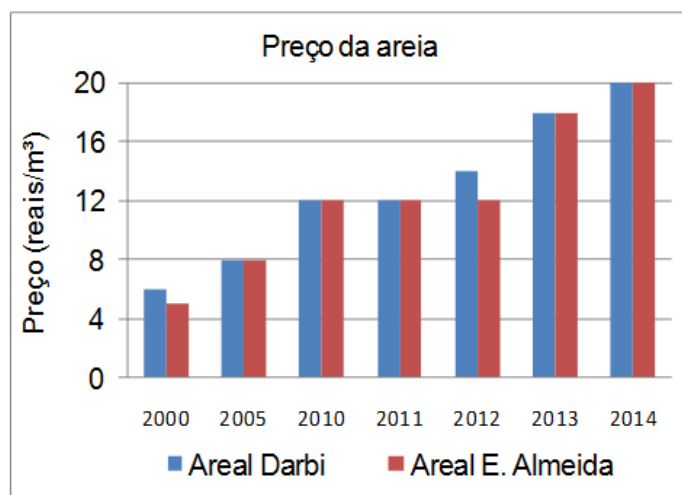


Gráfico 2: Aumento no preço da areia

Fiberglass

Crescente utilização deste composto no ramo da engenharia oferece uma combinação sem igual de propriedades, além de inúmeras vantagens econômicas em relação aos demais materiais de interesse comercial (SEVALD; SELLIN, 2012). O fiberglass é conhecido por seu elevado índice de resistência mecânica aliada a leveza, baixo custo de manutenção, durabilidade e resistência a intempéries (CARVALHO, 1992). Como visto na figura 1, com o fiberglass é possível a construção de peças com variadas dimensões.



Figura 1: Peças fabricadas com o fiberglass

São vários métodos e procedimentos para a fabricação do fiberglass; um dos mais empregados é o spray-up, utilizado também para a fabricação de peças complexas e de maiores dimensões. Em seu processo, o fio roving feito com a fibra de vidro é picotado e depositado no molde simultaneamente a resina. A matriz polimérica serve como dispersante, pois quando submetida a uma tensão deve distribuir e transferir as tensões para o componente do reforço (CAVALCANTI, 2006).

Resíduo Fiberglass

Conforme a resolução Conama 307 (2002), o fiberglass se enquadra na classificação C: resíduo para os quais não foram desenvolvidas tecnologias ou aplicações economicamente viáveis que permitam a sua reciclagem/ recuperação.

Há duas formas características relacionadas aos materiais poliméricos: os termoplásticos, que podem ser novamente moldados após serem aquecidos; e os termofixos (fiberglass), que têm seu processo irreversível devido à infusibilidade da resina empregada. Quando expostos a altas temperaturas sofrem carbonização ao invés de derreterem (PEDROSO, 2007).

Reutilização

A constituição do material é de basicamente 75% de resina poliéster insaturada e 25% de fibra de vidro. Na calcinação verificou-se que a proporção do resíduo é praticamente inversa, com aproximadamente 25% de resina e 75% de fibras de vidro (CARVALHO FILHO, 2000; PINTO, 2012). Na figura 2 é mostrada as aparas retiradas após o processo de fabricação do fiberglass.



Figura 1: Aparas descartadas

Cruz (2007) utilizou as aparas do fiberglass em forma de “plaquinhas”, em pó e moídos em blocos de concreto. Concluiu-se que as variadas formas de resíduo aplicadas fornecem diferentes resultados quanto ao comportamento mecânico e de trabalhabilidade. O resíduo em forma de placas ocasionou pontos concentrados e ausência de reentrâncias do agregado. O material moído fez com que aparecessem grumos no interior de alguns corpos de prova, devido a sua má dispersão no concreto. O melhor resultado foi com a adição de resíduo em pó, que além de ter fornecido resistência comparável à amostra padrão, foi inerte ao concreto. Entretanto, devido à característica hidrofóbica do resíduo, parte da água não reagiu com o cimento, formando microvazios e pequenas trincas.

Asokan e Osmani (2009) realizaram experimentos a fim de avaliar o potencial de reciclagem do resíduo fiberglass em placas de pré-moldados e concretos, curados ao forno e câmara úmida. O estudo demonstrou que as placas curadas ao forno fornecem maior resistência quando compostas com o resíduo fiberglass, diferente do resultado demonstrado na câmara úmida, onde o concreto padrão obteve maior resistência. Segundo os autores, o fato da maior resistência ocorreu possivelmente devido a hidratação ocorrida no processo, onde o pó do material pode ter formado uma película polimérica a partir dos 40 °C. Os resultados revelaram que o resíduo fiberglass pode ser utilizado como substituição parcial no concreto, com ampla possibilidade de utilização em diversas aplicações no setor da construção, tais como pré-moldados, telhas, blocos, etc.

Ao ser colocado na matriz do cimento Portland a fibra de vidro tem inadequada resistência ao meio alcalino, causando fragilidade e deterioração em suas propriedades mecânicas (PERUZZI, 2002). Kojima (1997, apud PEDROSO, 2002), estudou a resistência mecânica deste material em longo prazo para adicioná-lo na argamassa, temia-se que as fibras de vidro e a resina poliéster insaturada pudessem ser degradados devido aos ingredientes alcalinos do cimento. Os ensaios demonstraram que ao ser colocado no concreto o pó do resíduo fiberglass pode se manter estável ao ar livre por até 75 anos.

Existem várias pesquisas a respeito da reutilização do resíduo do fiberglass, porém, pouco aplicadas. Ou seja, para este tipo de material termofixo ainda não foram desenvolvidos métodos para uma reciclagem específica (SEVALD; SELLIN, 2012).

Concreto Autoadensável (CAA)

De acordo com a NBR 15823 (ABNT, 2010), o CAA é capaz de fluir e se autoadensar pelo seu peso próprio, preenchendo toda a forma e passando por embutidos (armaduras, dutos e insertos), mantendo sua homogeneidade nas etapas de mistura, transporte, lançamento e acabamento.

O CAA é um concreto bem versátil, podendo ser utilizado in loco ou moldado na indústria de pré-moldados. Normalmente é aplicado em estruturas especiais, mais complicadas de se concretar. Seus ganhos oferecidos na construção civil são variados, como por exemplo: rápido lançamento; dispensa totalmente a vibração; reduz a mão de obra; podendo até oferecer menor custo final (TUTIKIAN; DAL MOLIN, 2008). Segundo Gomes; Barros (2009), as principais propriedades do CAA são a fluidez, coesão e viscosidade.

Alguns autores estudaram a alteração nas propriedades do CAA com a adição de diferentes materiais em sua composição, sendo que em boa parte das tentativas os resultados foram positivos. Alcântara e Santos (2012) adicionaram cinzas de bagaço de cana no CAA como adição de finos. Foi constatado que as cinzas atuaram de modo satisfatório como elementos de formação de pasta e no controle da segregação, porém, a finura do material proporciona a necessidade de maior valor de água em sua composição. Mesmo com contrapontos, foi constatado que as cinzas são adequadas para a utilização como finos no concreto.

Lisbôa (2004), avaliou a modificação nas propriedades do CAA utilizando o descarte do beneficiamento do mármore e granito. Foi utilizado 50% de resíduo na mistura, ocasionando redução na fluidez. Deste modo, observou-se que para um resultado satisfatório de espalhamento seria necessário elevar o volume de pasta da mistura, onde elevaria os custos do concreto, ocasionando inviabilidade em seu processo.

Métodos de ensaio

A determinação do espalhamento e do tempo de escoamento utilizando o Cone de Abrams é o procedimento mais utilizado nos laboratórios e no local da construção. Nele é verificado o preenchimento, fluidez e a capacidade do concreto de se espalhar sob a força provocada pelo seu próprio peso (GOMES; BARROS, 2009). O teste T500, realizado simultaneamente com o teste de espalhamento, tem como objetivo a medição do tempo em que o concreto atinge a marca de 500 mm de diâmetro, centrada na base de ensaio. Segundo Tutikian & Dal Molin (2008), os limites de tempo de espalhamento aceitos são de no mínimo 3 segundos e máximo de 7 segundos.

O ensaio da caixa L mede a fluidez do concreto simultaneamente a sua capacidade de passar por obstáculos e permanecer coeso (TUTIKIAN; DAL MOLIN, 2008). O equipamento consiste em simular a armadura real de uma estrutura, criando obstáculo na passagem do concreto. De acordo com a NBR 15823 (ABNT, 2010), o CAA deve ser classificado em função das propriedades estabelecidas nas tabelas abaixo (1 a 3).

Tabela 1: Classes e critérios de espalhamento (*slump-flow*)

Classes de espalhamento	Critérios	Método de ensaio
SF1	550 a 650 mm	ABNT NBR 15823-2
SF2	660 a 750 mm	
SF3	760 a 850 mm	

Tabela 2: Classes de viscosidade plástica aparente T500 (sob fluxo livre)

Classes de viscosidade	Critérios	Método de ensaio
VS1	≤ 2	ABNT NBR 15823-2
VS2	> 2	

Tabela 3: Classes de habilidade passante caixa L (sob fluxo confinado)

Classes de habilidade passante	Critérios	Método de ensaio
PL1	$\geq 0,80$, com duas barras de aço	ABNT NBR 15823-4
PL2	$\geq 0,80$, com três barras de aço	

Materiais e métodos

O resíduo fiberglass foi doado em forma de pó por uma empresa do vale do aço (provindo de corte das peças). Foi passado na peneira 1,18 mm para a retirada de aparas e restos com maiores dimensões. A quantidade de resíduo utilizado foi de 5% em substituição na porcentagem da areia. O cimento e a brita zero foram comprados em uma loja de materiais de construção e a areia foi cedida

pela instituição. Foi utilizado areia passante na peneira 1, 18 mm, como adição de finos. Nas tabelas 4 e 5 são mostrados as análises granulométricas da areia e brita, respectivamente.

Tabela 4: Análise granulométrica da areia

Peneira (mm)	% Retida	% Acumulada
4,47	0,06	0,06
2,36	0,93	0,99
1,18	5,10	6,09
0,60	16,45	22,54
0,30	49,30	71,84
0,15	24,72	96,56
Fundo	3,23	99,79
Somatória	99,79	99,79

Tabela 5: Análise granulométrica da brita

Peneira (mm)	% Retida	% Acumulada
12,5	1,01	1,01
9,5	14,27	15,28
6,3	39,44	54,72
4,75	20,29	75,01
Fundo	24,97	99,98
Somatória	99,98	99,98

Dosagem dos concretos

Os traços adotados foram 1: 1,4: 0,6: 1,7 e 1: 1,4: 0,5: 0,1: 1,7 (com adição de resíduo). A relação água cimento (a/c) foi de 0,56 e 0,60, respectivamente. As tabelas 6 e 7 apresentam a dosagem dos materiais utilizados para a confecção dos concretos.

Tabela 6 - Materiais utilizados para confecção do CAA

Materiais	CAA padrão	CAA com resíduo
Cimento CP III 32 – RS (Kg)	10,80	10,80
Areia (Kg)	15,24	15,24
Areia fina 1.18 (Kg)	6,20	5,20
Brita 0(Kg)	18,60	18,60
a/c (L)	5,60	6,00
Resíduo (Kg)	-	1,00

Tabela 7 - Aditivos utilizados para a confecção do CAA

Aditivos	Dosagem recomendada (%)	Dosagem utilizada (%)
Superplastificante	0,20 a 3,00	1,50
Plastificante	0,20 a 1,00	0,50
Estabilizador	0,02 a 0,50	0,50
Incorporador de ar	0,04 a 0,12	0,06

Conforme Cruz (2007), a densidade da areia é 56% maior que a do pó fibreglass, ocasionando uma dosagem superior de água no concreto com o resíduo. Na figura 3 é visto a expressiva diferença de volume entre o pó e a areia, ambos com a mesma quantidade de peso.



Figura 2: Resíduo fibreglass e areia, respectivamente

Ensaio de Trabalhabilidade e Resistência

Ensaio de espalhamento e T500

É frequente o emprego de métodos empíricos na preparação do CAA, pois a princípio já é esperada a sua consequente segregação. Para se alcançar o traço ideal do concreto são necessários ensaios preliminares, adequando a adição de materiais durante a prática (TUTIKIAN; DAL MOLIN, 2008).

Nos primeiros experimentos foram obtidos resultados insatisfatórios do CAA, ocorrendo à necessidade de correção granulométrica e modificação dos aditivos utilizados. Houve segregação e exsudação do concreto, causado pela baixa repulsão das partículas, formando uma elevada camada do agregado graúdo sobre o concreto, como visto na figura 4.



Figura 3: CAA com espalhamento inadequado

Durante o experimento foi verificado que o aumento nas tentativas de ensaio diminuiu proporcionalmente à trabalhabilidade do concreto, devido à perda de água durante a prática, ocasionando a redução no espalhamento do CAA.

Após o controle adequado dos materiais, consolidou-se o traço padrão do CAA, obtendo o espalhamento médio de 58,5 cm (SF1). O ensaio T500 com o traço de referência atingiu menos que 2 segundos (classe VS1). Na figura 5 é ilustrado o CAA após o ensaio de espalhamento.



Figura 4: Ensaio adequado do CAA

O concreto com adição de resíduo alcançou 48,5 cm de diâmetro. Para o ensaio T500 o espalhamento não cobriu totalmente a borda dos 500 milímetros, demorando 4 segundos para cessar seu espalhamento (classe VS2). Na figura 6 é mostrado o espalhamento do CAA com adição de resíduo, onde pode ser observada parte de uma circunferência feita com giz, desenhada para a realização do ensaio T500.

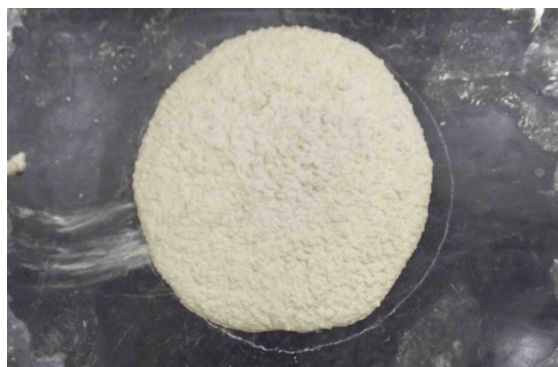


Figura 5 - Ensaio de espalhamento T500

Ensaio na caixa L

A amostra padrão demonstrou equilíbrio nas medidas realizadas. A relação H2/H1 esteve dentro dos padrões estabelecidos pela norma NBR 15823-4 e o concreto estava com a superfície uniformemente nivelada. Em contraponto, o ensaio com adição de resíduo teve dificuldade em passar pelo bloqueio das barras de aço, causando a ocorrência de fissuras na superfície do concreto. A relação das alturas (H2/H1) também não ficaram dentro dos padrões necessários. Na tabela 8 são apresentados os resultados obtidos no ensaio da caixa L.

Tabela 8: Resultados do ensaio na caixa L

Resultados na caixa-L		
Altura	Sem resíduo	Com resíduo
H1 (cm)	9,8	10,5
H2 (cm)	8,3	5,5
H2/H1	0,84	0,52

Na figura 7 é visto a foto dos ensaios na caixa-L. É nítida a diferença de uniformidade superficial dos ensaios, onde pode ser observado melhor trabalhabilidade e espalhamento do CAA padrão.



Figura 6: Ensaios na caixa L - a) CAA sem resíduo; b) CAA com adição de resíduo

Ensaio de compressão axial

Por ser um concreto altamente fluido e se moldar conforme o recipiente, não foi necessário o uso de golpes para eliminar vazios ao colocar o CAA no molde. Foram feitos 8 corpos de prova para cada idade (4 para cada traço), com dimensões de 10 x 20 cm, posteriormente capeados para a realização adequada do ensaio.

A resistência compressão do CAA nos dois traços medidos foram analisados em 17 e 30 dias. Na tabela 9 e mostrado os resultados obtidos no ensaio de compressão, segundo especificações da NBR 5739:1994.

Tabela 9: Resultados dos ensaios de compressão

Idade (dias)	Resistência à Compressão			
	CP1	CP2	CP3	CP4
17	14,60	13,97	13,67	12,31
30	17,79	17,01	16,97	16,88
17 (com resíduo)	17,33	16,49	16,18	15,98
30 (com resíduo)	18,43	18,35	17,34	14,96

Resultados e Discussão

Analisando os resultados dos ensaios no estado fresco, verificou-se que o concreto padrão se enquadrava nas classificações sugeridas nas tabelas citadas da NBR 15823:2010. Entretanto, esta caracterização não é concedida ao concreto com adição de 5% de resíduo, por não ter apresentado os resultados de trabalhabilidade necessários.

No estado endurecido o concreto com adição de resíduo proporcionou características inconvenientes, aumentando a rugosidade e quantidade de poros na superfície dos corpos de prova. Outro fator considerável foi o odor exalado, mesmo com pouca adição de resíduo era perceptível o cheiro do fiberglass. Na figura 8 é mostrada a vista lateral de dois corpos de prova, com e sem o resíduo fiberglass, respectivamente.



Figura 7: Vista lateral dos corpos de prova

No ensaio de compressão houve um resultado inesperado no ensaio, o traço com adição de resíduo obteve maior resistência média à compressão axial nas duas idades medidas quando comparado ao CAA padrão. Resultado que foi previamente explicado no trabalho de Asokan e Osmani (2009), onde concluíram que compostos poliméricos podem atuar como aditivo, melhorando a ligação e aderência do concreto. Deste modo, ao controlar suas propriedades adversas com a complementação de estudos específicos, a adição do resíduo em pó em concretos poderá tornar-se viável no ramo da construção civil, amenizando o impacto ao meio ambiente causado pelo seu despejo em aterros.

Nos gráficos abaixo são demonstrados os resultados obtidos após os 17 e 30 dias de cura, respectivamente.

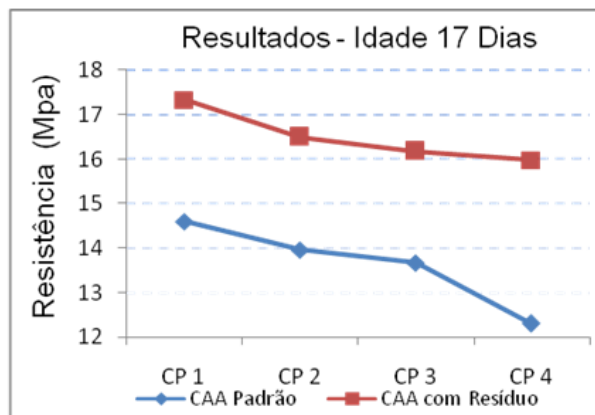


Gráfico 3: Resistência à compressão

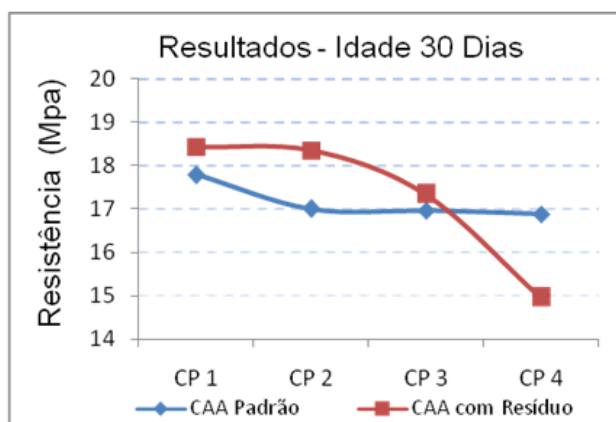


Gráfico 4: Resistência à compressão

Referências Bibliográficas

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR NM 248 – *agregados – determinação da composição granulométrica*. Rio de Janeiro, 2003.

_____. NBR 5739: *Concreto – ensaios de compressão de corpos-de-prova cilíndricos*. Rio de Janeiro, 1994.

_____. NBR NM 26: *Agregados – Amostragem*. Rio de Janeiro, 2009.

_____. NBR NM 27: *Agregados – Redução da amostra de campo para ensaios de laboratório*. Rio de Janeiro, 2001.

_____. NBR 7211: *Agregado para concreto - Especificação*. Rio de Janeiro, 2005.

_____. NBR 15823-1: *Concreto autoadensável – Classificação, controle e aceitação no estado fresco*. Rio de Janeiro, 2010

_____. NBR 15823-2: *Concreto autoadensável – Determinação do espalhamento e do tempo de escoamento - Método do cone de Abrams*. Rio de Janeiro, 2010.

_____. NBR 15823-2: *Concreto autoadensável – Determinação da habilidade passante – Método da caixa L*. Rio de Janeiro, 2010.

ALMACO. Disponível em: <http://www.almaco.org.br/feicon/04_noticias2.html>. Acesso em: 1 mar. 2014.

ALCANTARA, M. A. M., SANTOS, B. V. *Concreto autoadensável com cinzas de bagaço de cana como finos: reologia do concreto fresco e comportamento no estado endurecido*. Revista eletrônica de engenharia civil, Goiás, v. 5, p. 17-35, 16 ago. 2012.

ASOKAN, P.; OSMANI, M., A.D.F. *Assessing the recycling potencial of glass fibre reinforced plastic waste in concrete and cement composites*. Journal of Cleaner Production, Amsterdam, v. 17, p. 821–829, 2009.

BAUER, L. A. *Materiais de construção*. 5. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2011.

CARVALHO, A. *Fiberglass x corrosão: especificação, instalação e manutenção de equipamentos de fiberglass para ambientes agressivos*. São José dos Campos: [s.n.], 1992.

CARVALHO FILHO, A. *Disposição de resíduos sólidos na indústria de compósitos. In: III Seminário de Desenvolvimento Sustentável e a Reciclagem na Construção Civil, Práticas Recomendadas - IBRACON, São Paulo, 6 de Jun. 2000. p. 43-50.*

CAVALCANTI, W. S. *Compósitos poliéster/tecidos tramados vegetal-vidro: caracterização mecânica e simulação da sorção de água.* Tese (Doutorado) – Centro de ciência e tecnologia, Universidade Federal de Campina Grande, 2006.

CONAMA. Resolução nº 307, de 5 de julho de 2002. *Estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil.*

COUTINHO, B.S. *Propriedades e comportamento estrutural do concreto autoadensável.* Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - UFRJ/COPPE, Rio de Janeiro, 2011.

CRUZ, M. P. N. *Reaproveitamento de resíduos de resina poliéster insaturado com fibras de vidro na fabricação de blocos de concreto para alvenaria.* 61 f. Trabalho de conclusão de Curso (Graduação) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2007. Disponível em: <http://www.emc.ufsc.br/controle/arquivos/estagio/geral/arquivo_170-Murilo_Palma_Nunes_Cruz.PDF>. Acesso em: 1 mar. 2014.

GORNINSKI, J.P. *Estudo da influência das resinas poliéster isoftálica e ortoftálica e do teor de cinza volante nas propriedades mecânicas e durabilidade do concreto polímero.* Tese (Doutorado) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2002.

GOMES, P.C.C.; BARROS, A.R. *Métodos de dosagem de concreto autoadensável.* 1. ed. São Paulo: PINI, 2009.

LEVY NETO, F.L.; PARDINI, L.C., *Compósitos estruturais.* 1. ed. São Paulo: Edgard Blucher, 2006.

LISBOA, E. M. *Obtenção do concreto autoadensável utilizando resíduo do beneficiamento do mármore e granito e estudo de propriedades mecânicas.* Mestrado em Engenharia – Pós-Graduação em Engenharia Civil, UFAL, Maceió, 2004.

PEDROSO, A. G. *Desenvolvimento de um Processo de Manufatura de Placas de Compósitos de Poliéster Insaturado/Fibra de vidro pós-consumo e resina poliéster Insaturado.* Tese (Doutorado) - Universidade Federal de Campinas, Campinas, 2002.

PERUZZI, A. P. *Comportamento das fibras de vidro convencionais em matriz de cimento portland modificada com latéx e adição de sílica ativa.* Dissertação (Mestrado) - Escola de engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, 2002.

PINTO, N. C. K.; *Reciclagem de resíduos de materiais compósitos de matriz polimérica: poliéster reforçado com fibras de vidro.* Dissertação (Mestrado em Ciências na Área de Tecnologia Nuclear) – Universidade de São Paulo, SP, 2002.

SEVALD, J. S.; SELLIN, N. *Produção mais limpa aplicada ao processo de fabricação de peças em compósitos de resina poliéster insaturado reforçado com fibra de vidro.* Engevista, Joinville, v. 14, n. 3, p. 267-280, 2012.

TUTIKIAN, B.F.; DAL MOLIN, D. C. *Concreto auto-adensável.* 1. ed. São Paulo: PINI, 2008.