AVALIAÇÃO DO USO DO RESÍDUO DE VIDRO TEMPERADO COMINUÍDO COMO AGREGADO MÍUDO PARA CONCRETO

REVISTA ELETRÔNICA MULTIDISCIPLINAR
UNIFACEAR

Jonas Garcia Rodrigues Ribeiro; Magno Fernandes Baleeiro
UNIFACEAR- Centro Universitário Araucária

RESUMO
Essa pesquisa tem como objetivo estudar a viabilidade técnica da utilização de vidro temperado cominuído não reciclado como agregado miúdo para concreto, em substituição parcial a areia, comparando as propriedades físicas de concretos produzidos com esse material, visando a sua utilização em fins não estruturais. Além disso, o objetivo também é dar uma nova destinação final a esse resíduo, pois ao se reciclar esse material, evita-se que o mesmo seja descartado de forma incorreta no meio ambiente. A comparação foi feita por meio do estudo das propriedades físicas de concretos produzidos primeiramente sem a substituição de areia por vidro temperado cominuído e numa segunda etapa com a substituição parcial da areia por esse material. Os resultados dessa pesquisa revelam que é possível obter ganhos de resistência com substituições de até 20% da areia natural por RVTC, porem deve-se tomar um cuidado especial com a quantidade de finos presente a mistura, o que pode elevar demasiadamente o superfície específica do agregado, acarretando em um maior consumo da relação água/cimento a mistura.

Palavras chave: Concreto, Vidro temperado, Reciclagem.

ABSTRACT
This research aims to study the technical viability of the use of tempered glass ground not recycled as aggregate kid to concrete as partial replacement to sand, by comparing the physical properties of concrete produced with this material, with a view to their use in non-structural. In addition, the aim is also to give a new final disposal of this waste, because if you recycle this material, prevents that the same is disposed of improperly in the environment. The comparison was made by means of the study of the comparison was made by means of the study of the physical properties of concrete produced first without the substitution of sand for glass tempered ground and in a second step with the replacement part of the sand for this material. The results of this research show that it is possible to obtain gains strength with replacements up to 20% of natural sand by RVTC, however, one should take a special care of the amount of fines present in the mixture, which can raise excessively the specific surface of the aggregate, leading to a higher consumption ratio water/cement mixture.
Key Words: Concrete. Tempered glass. Recycling.

1. INTRODUÇÃO

Com o passar do tempo tem-se aumentado a procura por edificações que possuam maior segurança e eficiência, para que se consiga alcançar esse objetivo é necessário buscar materiais que englobem maior qualidade,menor custo e que ao

mesmo tempo degradem menos o meio ambiente. (RIPPER; MOREIRA DE SOUZA, 1998).

Existem diversos estudos que relacionam o uso de resíduos como matéria-prima para a fabricação de materiais que possam ser usados na construção civil como, por exemplo, descartes industriais, resíduos que não possuam meios para reciclagem ou reutilização, e também resíduos gerados em obras de construção e reformas. O resíduo de vidro produzido pela construção civil é um material que pouco se utiliza para essa finalidade, tendo em vista que depois de encerrado seu ciclo de vida são poucas as alternativas para esse fim, pois nem todas as tipologias de vidro empregadas na construção são civil são recicláveis ou reutilizáveis.(PAIVA; RIBEIRO, 2001).

Tendo em vista que parte da destinação final desse material ainda é feito da forma incorreta, e que isso se deve principalmente pelo fato de que a reutilização dos resíduos de alguns tipos de vidro como, por exemplo, o temperado, gerar um produto final de má qualidade. A reciclagem do vidro temperado demanda uma quantidade de energia maior do que a do processo de tempera, pois para alcançar novamente o ponto de fusão é necessário aquecer o resíduo a altas temperaturas, o que acaba inviabilizando o processo de reciclagem. (SILVA et.al, 2017).

2. DESENVOLVIMENTO

Esta pesquisa tem como objetivo geral a avaliação das características físicas dos concretos que utilizam em sua composição resíduos de vidro temperado cominuído, em substituição parcial ao agregado miúdo natural.

Os objetivos específicos da pesquisa são:

Utilizar o resíduo de vidro temperado cominuído em três granulometrias sendo elas 0,3mm, 0,6mm e 1,18mm. Com a finalidade de substituir parcialmente os agregados miúdos do concreto convencional;

Corrigir a granulometria do agregado miúdo natural com a substituição parcial por resíduo de vidro temperado cominuído a fim de proporcionar uma melhoria nas características físicas do concreto.

A reciclagem do vidro tem um papel fundamental para a preservação do meio ambiente, pois além de diminuir a quantidade de matéria prima necessária para a confecção de novos produtos garante a destinação final correta ao resíduo vítreo. (NAGAMI, 2007).

No aspecto econômico, ao se reciclar ou reutilizar matéria-prima que já foi retirada da natureza, o custo para a fabricação de materiais tende a tornar-se menor,pois que o valor para a retirada da matéria-prima bruta do meio ambiente é eliminado do

processo. Contudo é necessário um estudo minucioso a fim de verificar se o custo para reciclagem não é maior do que a extração do insumo da natureza. (HELENA, 2014).

O uso de resíduos para a produção de materiais na construção civil pode ser uma boa alternativa para pesquisas que relacionam as características de diferentes tipos de compostos, utilizar resíduos em substituição aos materiais convencionais pode ser uma alternativa para novas descobertas no campo tecnológico. (PAIVA; RIBEIRO, 2001).

O concreto é um material usado na construção civil que resultada da mistura de aglomerante, agregados graúdos, agregados miúdos e água. Essa mistura deve possuir trabalhabilidade suficiente para as operações de transporte e assentamento em formas, adquirindo o formato e resistência ao qual foi proposto, isso se deve por conta das reações químicas que ocorrem entre a água e o aglomerante. Existem ainda aditivos que são capazes de modificar as características físicas e químicas dessa mistura.(ALMEIDA, 2002).

São definidos por estudo de dosagem de concretos de cimento Portland, todos os conjuntos de procedimentos a serem aplicados para a obtenção da melhor proporção entre os materiais que constituem o concreto, também conhecido como traço. A quantidade ideal dos materiais pode ser expressa em volume ou massa, sendo aconselhável o uso expresso em massa seca de materiais. Podem ser considerados como possíveis materiais a serem utilizados na produção de concreto os vários cimentos existentes no mercado, os agregados miúdos e graúdos, a água, o ar incorporado a mistura, o ar aprisionado nos vazios da mistura, os aditivos e as adições, os pigmentos e as fibras. Os agregados podem ser do tipo reciclado, artificial, industrializado ou natural. (HELENA, 2013).

O processo de tempera ou endurecimento são maneiras convencionais utilizadas para o melhoramento da resistência do vidro. Ao final do processo suas características de quebra são alteradas. O vidro temperado nada mais é do que um vidro comum que passa por um processo para que, em sua quebra, seus fragmentos tornem-se menos perigosos, diminuindo os riscos de acidentes. Esse material geralmente é formado por uma única chapa em que a resistência a esforços mecânicos é aumentada por conta do tratamento em que foi submetida. É importante ressaltar que após o vidro passar pelo processo de tempera não é mais possível a execução de usinagem do mesmo, dessa forma furações, lapidações e polimentos devem ser executados antes da realização do processo de tempera. (NBR 14698, 2001).

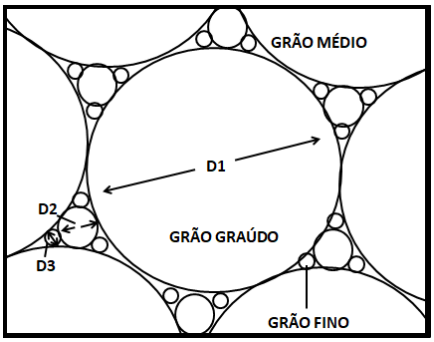
Conforme descrito pela resolução do CONAMA 307 (2002) agregado reciclado é um material granular resultante do beneficiamento de resíduos de construção, que por sua vez devem apresentar aspectos técnicos que possibilitam a sua aplicação em obras

de edificação. Deste modo os resíduos deverão ser separados em classes sendo elas, classe A: Resíduos recicláveis ou reutilizáveis como agregados como, por exemplo, tijolos blocos e concreto, classe B: São os resíduos recicláveis para outras destinações tais como plásticos, metais, vidros, madeiras e outros, classe C: São os resíduos para os quais não foram desenvolvidas tecnologias e aplicações economicamente viáveis que permitam a sua reciclagem ou recuperação, classe D: São os resíduos perigosos oriundos do processo de construção, como por exemplo, tintas e solventes. (CONAMA, 2002).

A curva granulométrica é uma ferramenta que auxilia na determinação da dimensão adequada para os agregados, apresenta limites para a utilização de determinada granulometria e correlaciona diferentes índices de finura. Seu objetivo principal é fornecer as informações para que se determine a melhor composição dos agregados, obtendo um melhor desempenho para o concreto. (FABRO, 2011).

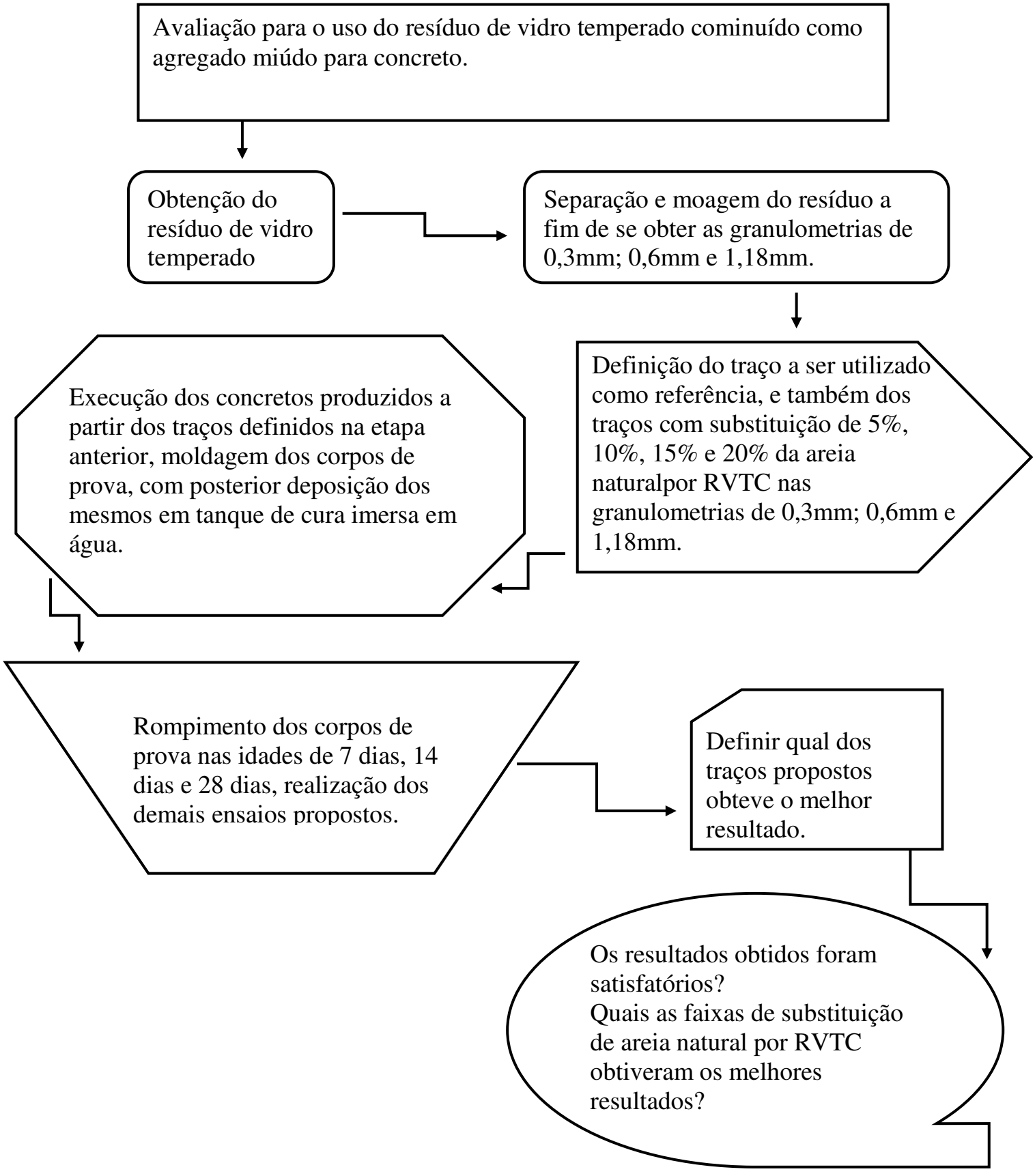
A conformação superficial e o formato dos grãos interferem diretamente nas propriedades de trabalhabilidade e aderência do concreto, sendo que agregados com formato esférico e liso facilitam o adensamento e a homogeneização, em contrapartida agregados que tem as faces com o formato áspero proporcionam maior resistência à tração. Para que se alcance uma curva granulométrica de agregados dentro dos limites ótimos e de utilização prescritos pela NBR NM 248, os agregados devem ser adicionados adequadamente, deve-se observar o fato de que o objetivo em mesclar as granulometrias é o preenchimento de vazios oriundos da diferença de tamanho de um grão para outro. Dessa forma os agregados devem ser proporcionados em granulometrias que buscam suavizar a transição granulométrica de material graúdo para miúdo, conforme demonstra a FIGURA 1 inspirada em. (LEONHARDT; MÖNNIG, 2008).

FIGURA 1- TRANSIÇÃO DO AGREGADO GRAÚDO/ MIÚDO



FONTE: os autores (2018)

O fluxograma a seguir explica as etapas da pesquisa:


Avaliação para o uso do resíduo de vidro temperado cominuído como agregado miúdo para concreto.
Obtenção do resíduo de vidro temperado
Separação e moagem do resíduo a fim de se obter as granulometrias de 0,3mm; 0,6mm e 1,18mm.
Definição do traço a ser utilizado como referência, e também dos traços com substituição de 5%, 10%, 15% e 20% da areia naturalpor RVTC nas granulometrias de 0,3mm; 0,6mm e 1,18mm.
Execução dos concretos produzidos a partir dos traços definidos na etapa anterior, moldagem dos corpos de prova, com posterior deposição dos mesmos em tanque de cura imersa em água.
Rompimento dos corpos de prova nas idades de 7 dias, 14 dias e 28 dias, realização dos demais ensaios propostos.
Definir qual dos traços propostos obteve o melhor resultado.
Os resultados obtidos foram satisfatórios?
Quais as faixas de substituição de areia natural por RVTC obtiveram os melhores resultados?

As matérias primas utilizadas para a confecção dos corpos de prova de concreto foram, cimento Portland CP II-Z-32, agregado graúdo (brita 1), agregado miúdo (resíduo de vidro temperado cominuido e areia fina) e água fornecida pela rede pública de distribuição de água potável.

Como aglomerante foi utilizado o cimento do tipo Portland composto CP II-Z-32 (FIGURA 2).

FIGURA 2- FICHA TÉCNICA CIMENTO CP II-Z-32

EXP.	TEMPO DE PEGA		CONS.	BLAINE	#200	#325	RESISTENCIA A COMPRESSAO			
QUENTE	INICIO	FIM	NORMAL				1 DIA	3 DIAS	7 DIAS	28 DIAS
mm	h : min	h : min	%	cm2\g	%	%	Mpa	Mpa	Mpa	Mpa
0,00	04 : 15	05 : 15	27,2	3.440	2,10	10,30	13,90	25,00	32,90	41,30
1,00	04 : 15	05 : 00	27,4	3.470	2,00	9,50	13,60	24,80	31,80	40,00
1,50	04 : 20	05 : 00	27,5	3.530	2,20	9,30	14,90	26,70	33,00	42,20
0,00	04 : 30	05 : 15	27,5	3.580	2,60	10,90	13,80	25,40	31,80	38,70
1,00	04 : 25	05 : 15	27,7	3.600	2,70	10,40	13,60	25,90	32,40	39,80
0,00	04 : 20	05 : 15	27,7	3.630	2,50	10,20	13,10	25,60	32,70	-
0,50	04 : 20	05 : 15	27,4	3.620	2,60	10,40	13,60	26,50	31,40	-
1,00	04 : 25	05 : 15	27,7	3.660	2,40	11,70	12,90	24,40	30,80	-
1,00	04 : 25	05 : 15	27,9	3.560	2,30	9,70	12,70	25,50	30,00	-
1,00	04 : 25	05 : 15	27,9	3.530	2,60	10,30	14,30	25,80	32,20	-
0,70	04 : 22	05 : 12	27,6	3.562	2,40	10,27	13,60	25,60	31,90	40,40
0,54	00 : 05	00 : 06	0,2	70.52	0,24	69,00	0,60	0,70	1,00	1,30
0,00	04 : 15	05 : 00	27,2	3.440	2,00	9,30	12,70	24,40	30,00	38,70
1,50	04 : 30	05 : 15	27,9	3.660	2,70	11,70	14,90	26,70	33,00	42,20

FONTE: Cimentos Itambé (2018)

Como agregado graúdo foi utilizado pedrisco britado com origem de rocha basáltica, o material possui índice de forma com resultado de 2,36, já sua massa específica é de 2,68dm³, possui também uma absorção de água de 0,77%. O material ensaiado pode ser considerado agregado graúdo do tipo brita 1, pois 97% de sua massa ficou retida na peneira de malha 4,75mm.

Como agregado miúdo natural foi utilizado areia lavada com origem de rio, o material possui módulo de finura de 1,99, já sua massa específica é de 2,64 dm³, possui também uma absorção de água de 0,48.

O resíduo de vidro temperado utilizado na confecção dos corpos de prova foi adquirido através da doação da vidraçaria Baleeiro localizada no município de CURITIBA-PR.

Esse material é produzido a partir da quebra por motivos diversificados, sua moagem foi realizada em laboratório utilizando o moinho de mandíbula. Posteriormente foi realizado o peneiramento com o intuito de obter-se diferentes faixas granulométricas do material. Foram utilizadas três peneiras com aberturas de 0,3mm; 0,6mm e 1,18mm, a fim de se coletar o material passante em cada uma delas.

Os corpos de prova foram moldados de forma manual e rompidos nas instalações da UNIFACEAR, tiveram formato cilíndrico de 10x20 cm (FIGURA 14) como preconiza a NBR 5739, foram moldados 7 corpos de prova de cada um dos 13 traços propostos, ao todo foram moldadas 91 amostras.

Na primeira etapa foi adotado um traço convencional de concreto em massa que é utilizado no laboratório da UNIFACEAR como referência para desempenho de resistência (1: 2,30: 3,0 a/c 0,65), em seguida definiu-se diferentes proporções dos agregados miúdos com misturas entre o (RVTC) e a areia fina, as quantidades de agregado graúdo, e a relação água cimento foram as mesmas para todos o traços. Os corpos de prova tiveram em sua composição a substituição de areia natural por RVTC nas proporções de 5%, 10%, 15% e 20%, a TABELA 1 demonstra as relações entre os agregados e o aglomerante.

TABELA 1 – TRAÇOS EM MASSA PARA DIFERENTES PORCENTAGENS DE SUBTITUIÇÃO DE AREIA NATURAL POR RVTC.

% SUBSTITUIÇÃO	CIMENTO	BRITA	AREIA	RVTC
0,00	1,00	3,00	3,50	0,00
5,00	1,00	3,00	3,33	0,17
10,00	1,00	3,00	3,15	0,35
15,00	1,00	3,00	2,97	0,52
20,00	1,00	3,00	2,80	0,70

FONTE: os autores (2018)

Após moldados os corpos de prova foram identificados com seus respectivos traços e armazenados por um período de 48 horas em local plano e protegido contra intempéries, posteriormente foi realizado a desmoldagem as amostras foram colocadas em imersão dentro de um tanque d'água para realização da cura, lá ficaram até o tempo determinado para realização de cada ensaio proposto.

A TABELA 2 demonstra os ensaios realizados, a fim de verificar se os concretos produzidos atendem os requisitos mínimos exigidos por cada norma que regulamento o ensaio para utilização desses traços como concreto.

TABELA 2 – ENSAIOS A SEREM REALIZADOS NOS CORPOS DE PROVA

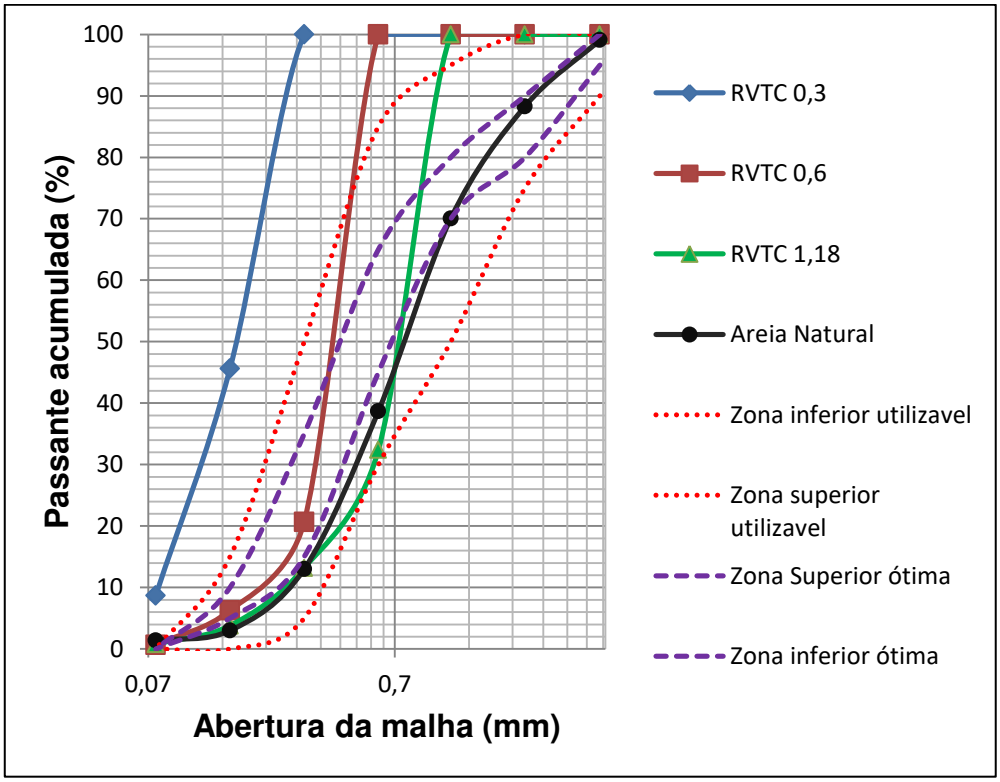
ENSAIO	NORMA	ANO
COMPRESSÃO AXIAL	ABNT NBR 5739	2007
MASSA ESPECIFICA DO MAT. FRESCO	ABNT NBR 9833	2008
ÍNDICE DE VAZIOS	ABNT NBR 9778	2009
MASSA ESPECÍFICA DO MAT. SECO	ABNT NBR 9778	2009
ABSORÇÃO DE ÁGUA	ABNT NBR 9778	2009
ENSAIO DE ABATIMENTO	ABNT NBR 67	1998

FONTE: os autores (2018)

O RVTC com granulometria 0,3mm encontra-se em uma zona fora dos limites de utilização, assim como parte dos RVTC com granulometria de 0,6mm e 1,18mm . Esses dados demonstram que para uma possível aplicação desse material como agregado miúdo em concreto, é necessário que se realize correções em suas granulometrias.

O GRAFICO 1 abaixo demonstra o comportamento granulométrico da areia natural e das amostras de RVTC em relação aos limites ótimos e de utilização.

GRÁFICO 1– CARACTERIZAÇÃO AGREGADO MIUDO AREIA MAIS RVTC COM GRANULOMETRIA DE 0,3mm 0,6mm E 1,18mm



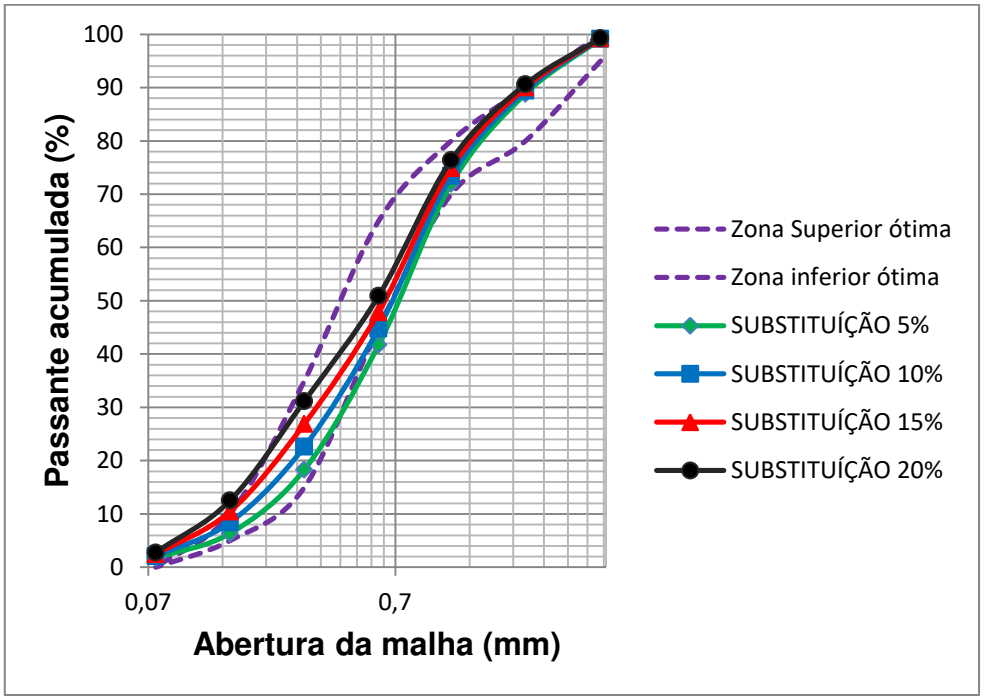
FONTE:Os autores (2018)

A areia em seu estado natural possui granulotria parcialmente fora da zona ótima, possui características de um material com maior quantidade de fracionamento graúdo em sua composição. O RVTC com granulotria 0,3mm encontra-se em uma zona fora dos limites de utilização, assim como parte dos RVTC com granulometria de 0,6mm e 1,18mm . Esses dados demonstram que para uma possível aplicação desse material como agregado miúdo em concreto, é necessário que se realize correções em suas granulometrias.

Visando à correção granulométrica da areia natural, proporcionando que a mesma posicione-se dentro dos limites ótimos, foi substituído parcialmente sua massa por RVTC com granulometria de 0,3mm, 0,6mm e 1,18mm com proporções de 5%, 10%, 15% e 20%, conforme demonstra o GRAFICO 2, GRAFICO 3 e GRAFICO 4 abaixo.

O GRAFICO 2 abaixo, demonstra o comportamento granulométrico das areias com a substituição parcial de sua massa por RVTC passante na peneira 0,3mm.

GRÁFICO 2 – CARACTERIZAÇÃO AGREGADO MIÚDO AREIA MAIS RVTC NA GRANULOMETRIA DE 0,3mm



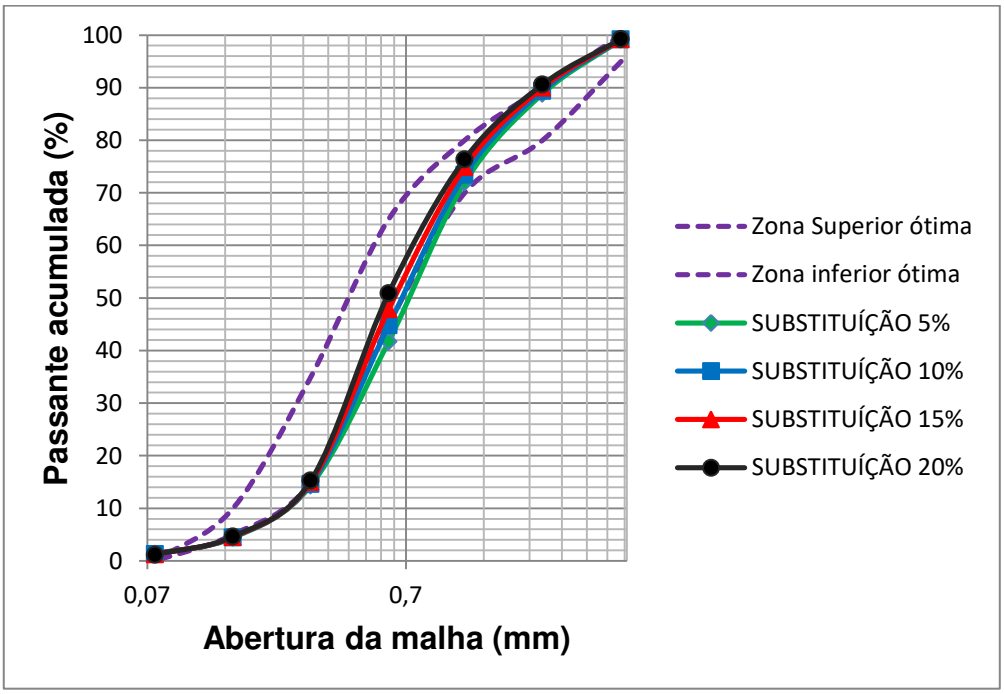
FONTE:Os autores (2018)

Ao comparar-se o traçado dos limites granulométricos ótimos com o traçada dos agregados com substituição de 5% e 10%, observa-se que as amostras encontram-se em 2 faixas granulométricas sendo elas areia média e areia grossa, porém o material possui maior quantidade de fração com granulometria média.

Os agregados com substituição de 15% e 20% possuem traçado localizado dentro dos limites de zona ótima, passando por somente uma faixa e com maior quantidade de fração fina.

O GRAFICO 3 abaixo, desenha o comportamento granulométrico das areias com a substituição parcial de sua massa por RVTC passante na peneira 0,6mm.

GRÁFICO 3 – CARACTERIZAÇÃO AGREGADO MIÚDO AREIA MAIS RVTC NA GRANULOMETRIA DE 0,6mm



FONTE: Os autores (2018)

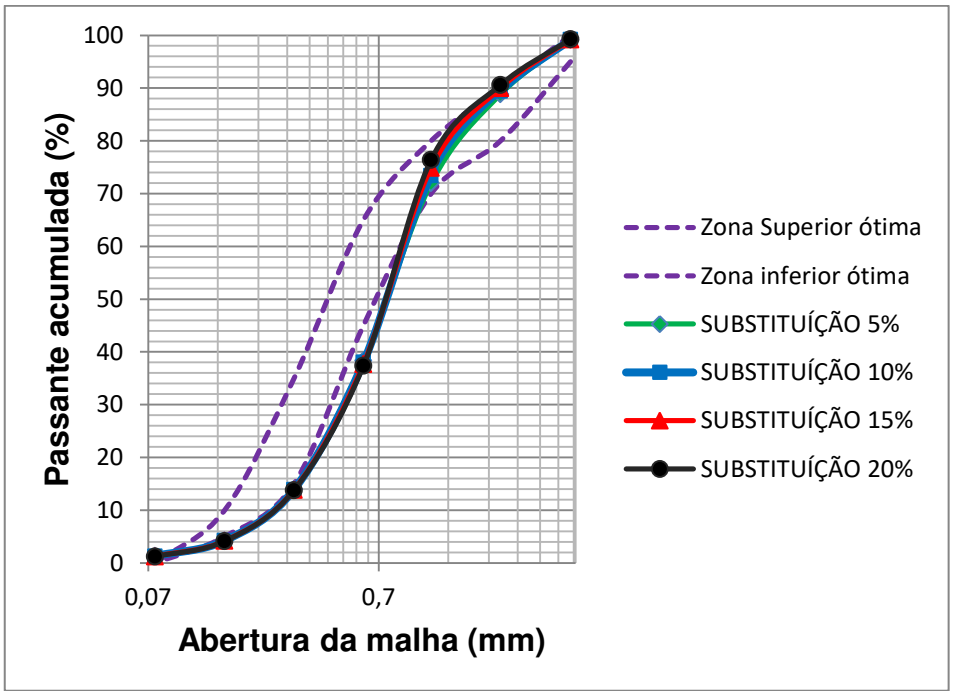
Ao analisarmos o traçado dos limites ótimos com o traçada do dos agregados com substituição de 5%, nota-se que a amostra encontram-se em 2 faixas granulométricas sendo elas areia média e areia grossa, contudo o material tem mais material com fração granulometrica média.

As areias com substituição de 10%, 15% e 20% possuem seus traçados nas delimitações dos limites de zona ótima, onde encontram-se em somente uma faixa granulométrica e com maior quantidade de fração média, todavia as substituições contribuem parcialmente para a correção da curva granulométrica da areia.

Os dados representados no GRAFICO 4 a seguir, expressam o comportamento granulométrico das areias com a substituição parcial de sua massa por RVTC passante na peneira 1,18mm.

Ao comparar os limites granulométricos ótimos com os agregados ensaiados com a substituição de 5%, 10%, 15% e 20%, conclui-se que as amostras estão localizadas em 2 faixas granulométricas sendo elas areia média e areia grossa. Porém as amostras possuem maior quantidade de fração com granulometria grossa, Não contribuindo significativamente para o ajuste da curva ótima da areia natural.

GRÁFICO 4 – CARACTERIZAÇÃO AGREGADO MIÚDO AREIA MAIS RVTC NA GRANULOMETRIA DE 1,18mm



FONTE:os autores (2018)

Foram realizados 2 ensaios de abatimento para cada traço produzido a fim de se obter a média entre os dois resultados, a TABELA 3 a seguir demonstra os resultados obtidos para cada traço de concreto.

Em geral os abatimentos dos traços de concreto com substituição do agregado miúdo por RVTC com granulometria de 0,6mm e 1,18mm ficaram dentro dos limites propostos (100mm +ou- 20mm), exceto os traços produzidos com substituição da areia natural por RVTC com granulometria de 0,3mm nas proporções de 10%, 15% e 20%. Esse fato ocorreu por que esse material possui alta finura o que acarreta em uma maior superfície específica, isso faz com que a quantidade de água utilizada torne-se insuficiente para que esse material tenha fluidez próxima ao do traço de referência.

Quanto maior o teor de finos nos agregados, maior também será a quantidade de água para se obter um mesmo abatimento de tronco de cone, consequentemente para

manter a mesma relação água cimento, irá se gastar uma quantidade maior de aglomerante acarretando em um aumento no custo do traço do concreto.

TABELA 3– SLUMP TEST TRAÇO DE REFERÊNCIA E RVTC COM GRANULOMETRIA 0,3mm; 0,6mm E 1,18mm

Referência/RVTC (mm)	**Substituição (%)**	**Abatimento (mm)**
REF	0	97,50
0,3	5	117,50
	10	62,50
	15	47,50
	20	33,50
0,6	5	110,00
	10	95,00
	15	87,50
	20	80,00
1,18	5	122,50
	10	110,00
	15	100,00
	20	90,00

FONTE: os autores (2018).

O GRÁFICO 8 a seguir expressa a resistência a compressão do traço referência e dos demais traços com substituição de areia natural por RVTC na granulometria de 0,3mm.

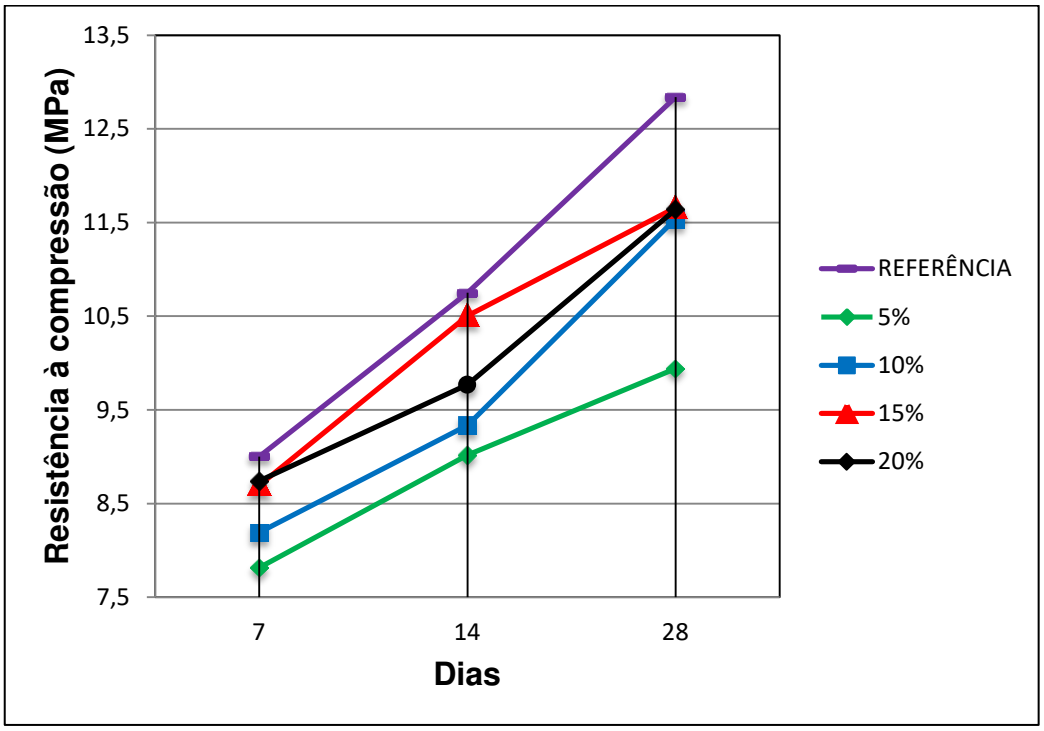
Analisando os dados, para a idade de 7 dias é possível visualizar que o traço de referência possui resistência a compressão superior ao traço com substituição por RVTC com granulometria de 0,3mm. Na substituição de 5% se perde cerca de 8% de resistência, com a substituição de 10% perde-se em torno de 9%, na substituição de 15% perde-se resistência na ordem de 3,5 % e por fim na substituição de 20% perde-se resistência a compressão em torno de 3%.

Para a idade de 14 dias nota-se que existe um aumento ainda maior na perca de resistência a compressão axial, para substituição de 5% perde-se aproximadamente 16%, para substituição de 10% a resistência é cerca de 13% menor, para a substituição de 15% a perca manteve-se igual a da idade de 7 dias em torno de 3,5%, por fim para substituição de 20% a perca de resistência é aproximadamente 10%.

Para a idade de 28 dias nota-se que existe um declínio ainda maior na na resistência a compressão axial, para substituição de 5% perdeu-se aproximadamente

22,5%. Para a substituição de 10% a resistência é cerca de 11% menor, para a substituição de 15% em torno de 9,3% menor, por fim para substituição de 20% a perda de resistência esta em aproximadamente 9,5%.

GRÁFICO 8 – SUBSTITUÍÇÃO DE AGREGADO MIÚDO POR RVTC COM GRANULOMETRIA 0,3mm



FONTE: os autores (2018).

O GRÁFICO 9 a seguir demonstra a resistência a compressão do traço referência e dos demais traços com substituição de areia natural por RVTC na granulometria de 0,6mm.

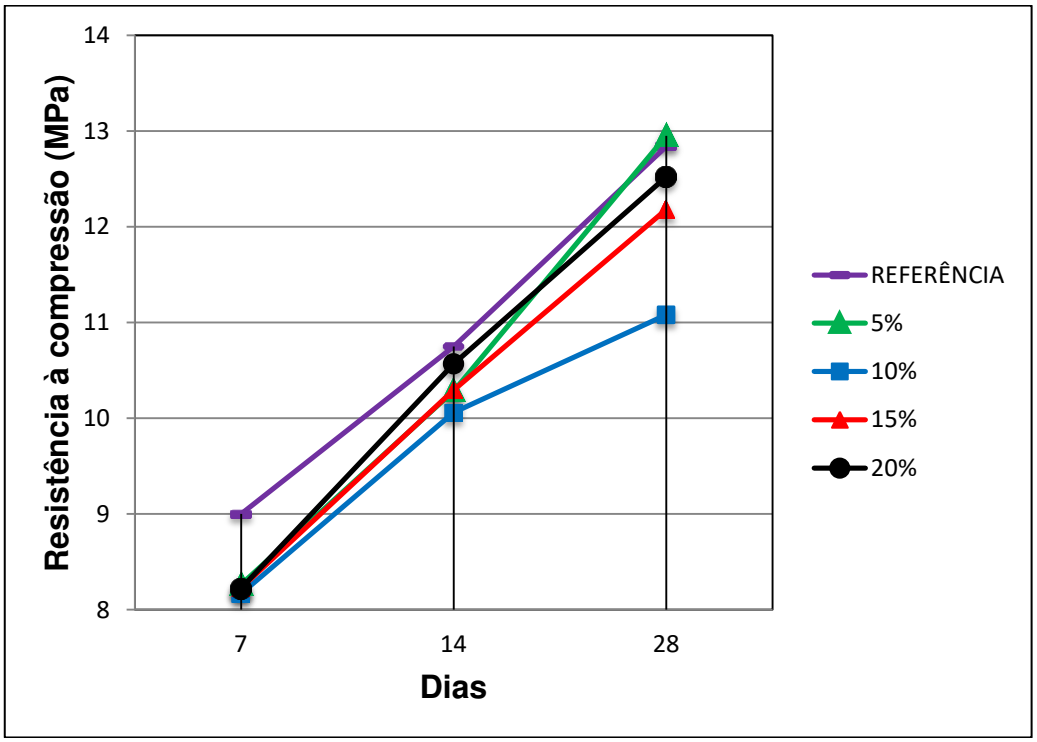
Para a idade de 7 dias nota-se que existe uma perda de resistência a compressão axial em todas as faixas de substituição. Para a substituição de 5% perde-se aproximadamente 8%, para substituição de 10% perde-se cerca de 9% de resistência, para a substituição de 15% a perca está na faixa de 8,5% menor, por fim para substituição de 20% a perca de resistência é aproximadamente 8,7%.

Já para a idade de 14 dias é possível visualizar que coma substituição de 5% se perde cerca de 4,5% de resistência, com a substituição de 10% perde-se em torno de 6,5%, na substituição de 15% perde-se resistência na ordem de 4,5 % e por fim na substituição de 20% perde-se resistência a compressão em torno de 1,7%.

Para a idade de 28 dias nota-se que existe um pequeno aumento na resistência a compressão axial, para substituição de 5% teve-se um ganho de aproximadamente

0,8%. Para a substituição de 10% a resistência foi cerca de 8% menor, para a substituição de 15% em torno de 5% menor, por fim para substituição de 20% a perda de resistência esta em aproximadamente 2,6%.

GRÁFICO 9 – SUBSTITUÍÇÃO DE AGREGADO MIÚDO POR RVTC COM GRANULOMETRIA 0,6mm



FONTE: os autores (2018).

O GRÁFICO 10 a seguir explana a resistência a compressão do traço referência e dos demais traços com substituição de areia natural por RVTC na granulometria de 1,18mm.

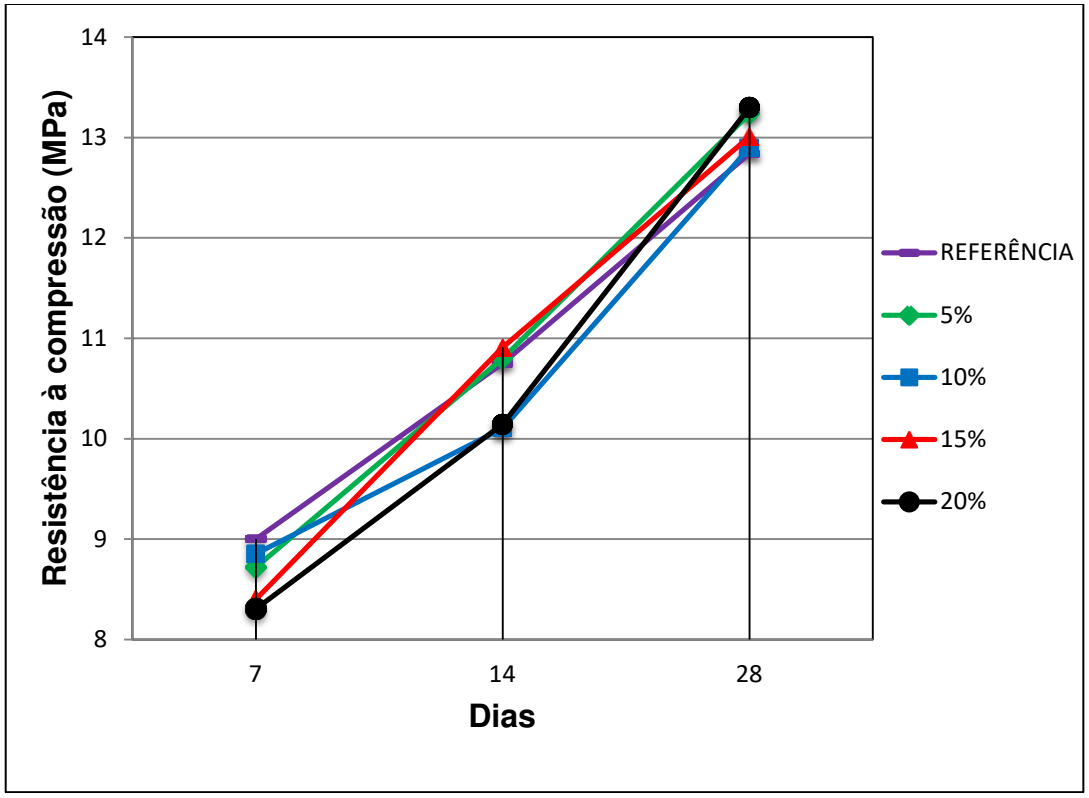
A observação dos dados acima remete ao fato de que para a substituição de 5% perde-se aproximadamente 3,15%, para substituição de 10% perde-se cerca de 1,7% de resistência, para a substituição de 15% a perca está na faixa de 6,7%, por fim para substituição de 20% a perca de resistência é aproximadamente 8%.

Analisando a idade de 14 dias se tem um aumento de resistência para a substituição de 5% em cerca de 0,5%, com a substituição de 10% perde-se em torno de 6%, na substituição de 15% a resistência aumenta na ordem de 1,5 % e por fim na substituição de 20% perde-se resistência a compressão em torno de 5,7%.

Para a idade de 28 dias nota-se que existem aumentos de resistência em todas as faixas de substituição, sendo essa a granulometria 1,18mm de RVTC a que obteve os melhores resultados de resistência a compressão axial, para substituição de 5% teve-se

um ganho de aproximadamente 3%. Para a substituição de 10% a resistência foi entorno de 0,5% maior, para a substituição de 15% na faixa de 1,4% maior, por fim para substituição de 20% o aumento de resistência esta em aproximadamente 3,5%.

GRÁFICO 10 – SUBSTITUÍÇÃO DE AGREGADO MIÚDO POR RVTC COM GRANULOMETRIA 1,18mm



FONTE: os autores (2018).

3. CONCLUSÃO

Todavia os resultados obtidos em todas as faixas de substituição de areia natural por RVTC foram satisfatórios e em alguns casos chegaram a serem superiores aos do traço de referência como, por exemplo, na substituição de RVTC com granulometria passante na peneira 1,18mm. Isso ocorreu, pois além da curva granulométrica da areia natural ter sido corrigida pela sua substituição parcial, a superfície específica dos grãos não aumentou consideravelmente, tornando a água empregada a mistura suficiente para completa hidratação do aglomerante.

Por outro lado nas substituições de RVTC com granulometria de 0,3,mm e 0,6mm, os resultados mostram que as amostras ensaiadas tiveram pequena perca de resistência, porem nada significativo, isso ocorreu pois a superfície específica dos graõs

aumentou consideravelmente, tornando a água utilizada no traço insuficiente para a perfeita hidratação do aglomerante. Isso mostra que o resíduo de vidro temperado cominuído pode ser utilizado para substituição parcial de agregado miúdo em concretos com finalidade não estruturais.

4. REFERÊNCIAS

PAIVA, P. A.; RIBEIRO, M. S. A Reciclagem na Construção Civil: Como Economia de Custos. **Centro Universitário de Franca Uni-FACEF**, p. 1–15, 2001.

SILVA J.I, ALVEZ S.L., LOURENÇO S.A, et.al. **Substituição do agregado graúdo (brita) por vidro temperado no concreto**. 2017. disponivel em <https://www.webartigos.com/artigos/substituicao-do-agregado-graudo-brita-por-vidro-temperado-no-concreto/152744>. Acesso em: 10.mai.2018.

NAGAMI, H.Nagai Haruhiko, Yano Yamane Masaru, Nakayama. **Importância da reciclagem do vidro**. p. 38–44, 2007.

FONSECA, Lúcia Helena Araújo. Reciclagem: o primeiro passo para a preservação ambiental. **Revista**, p. 1-30, 2013.

_____**NBR NM 14698: Vidro Temperado**. Rio de janeiro, Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2001.

LUIZ, P.; ALMEIDA, C. DE. Notas de aula. **Concreto**. 2002. Disponivel em: <http://www.fec.unicamp.br/~almeida/au405/Concreto.pdf>. Acesso em: 06.jun.2018.

FABRO, Fabiana et al. Influência da forma dos agregados miúdos nas propriedades do concreto. RIEM-IBRACON **Structures and Materials Journal**, v. 4, n. 2, 2011.

LEONHARDT, FRITZ; MÖNNIG, E. **Construções de concreto: princípios básicos do dimensionamento de estruturas de concreto armado**. Rio de Janeiro: Interciência, v. 1, 1977.