



## INCORPORAÇÃO DE VIDRO EM SUBSTITUIÇÃO AO AGREGADO MIÚDO (AREIA) EM ARGAMASSAS

*Ticiane Rodrigues Ticianelli<sup>1</sup> & Daniel Martins (MSc)<sup>2</sup>*

**Resumo** – O crescimento tem um preço alto para o meio ambiente, a construção civil deixa um rastro indesejável, e o que deveria ser um sinal de novos tempos se transforma em mais um problema. Dentre os resíduos de construção e demolição (RCD), o vidro é o mais ambientalmente vantajoso, pela baixa quantidade de emissão de gases e tem características de inalterabilidade e reciclabilidade. Ele pode ser reciclado diversas vezes sem perder suas qualidades no processo de reaproveitamento. Por isso a reciclagem de resíduos da construção civil é uma alternativa sustentável que gera economia, proteção ambiental e desenvolvimento social. Com propósito de buscar alternativas de minimizar tal problema, o objetivo do trabalho é substituir o agregado miúdo(areia) por resíduo de vidro em porcentagem na argamassa. Inicialmente foi coletado o resíduo de vidro, proveniente da recicladora PRS da cidade de Porto Velho/RO, e realizado o ensaio de granulometria do vidro e do agregado miúdo. Em seguida foi calculado o traço referencial da argamassa e as substituições do agregado miúdo pelo vidro, nas proporções de 25%, 50% e 75%. Após execução dos traços, foram moldados os corpos de provas e posteriormente feito ensaio de determinação a resistência de aderência e resistência à compressão. Na porcentagem de 25% foram obtidos resultados acima dos corpos-de-prova referência, melhor trabalhabilidade, aderência em execução e aspecto final sem comprometimento de fissuras. A pesquisa mostra resultados satisfatórios em relação à norma para a substituição de partes da areia por resíduo de vidro na produção de argamassas.

**Palavras-chave:** Argamassa, resíduo de vidro, resistência, aderência.

**Abstract** – Growth has a high price for the environment, construction leaves an undesirable trail, and what should be a sign of new times becomes another problem. Among building and demolition waste (RCD), glass is the most environmentally advantageous, because of the low amount of gas emissions and has characteristics of inalterability and recyclability. It can be recycled several times without losing its qualities in the reuse process. That is why recycling of construction waste is a sustainable alternative that generates savings, environmental protection and social development. In order to find alternatives to minimize this problem, the objective of the work is to replace the small aggregate (sand) by glass residue in percentage in the mortar. Initially the glass residue was collected, from the PRS recycler of the city of Porto Velho / RO, and the granulometry test of the glass and the small aggregate was carried out. Then, the reference mortar trace and the small aggregate substitutions were calculated by the glass, in proportions of 25%, 50% and 75%. After execution of the traces, the test bodies were molded and afterwards, the adhesion strength and compressive strength were tested. In the percentage of 25%, results were obtained above the reference specimens, better workability, adhesion in execution and final appearance without compromising of cracks. The research shows satisfactory results in relation to the standard for the replacement of parts of the sand by glass residue in the production of mortars.

**Keywords** –Mortar, glass residue, strength, adhesion.

<sup>1</sup>ticianerodrigues1@gmail.com

<sup>2</sup>engdavani@gmail.com



### FICHA CATALOGRÁFICA

T555I	<p>Ticianelli, Ticiane Rodrigues.</p> <p>Incorporação de vidro em substituição ao agregado miúdo (areia) em argamassas. / Ticiane Rodrigues Ticianelli. – Porto Velho-RO, 2018. 15 f. il.</p> <p>Orientador: Prof. Me. Daniel Martins.</p> <p>Trabalho de Conclusão de Curso - Graduação em Engenharia Civil - Faculdade de Rondônia - FARO, Porto Velho, 2018.</p> <p>1. Argamassa. 2. Resíduo de Vidro. 3. Resistência. 4. Aderência. I. Martins. Daniel. II. Título. III. FARO.</p> <p>CDU 624.01</p>
-------	--

**Bibliotecária:** Cleomar Cetauro Freitas / CRB11-957.



## 1. INTRODUÇÃO

A construção civil é o setor da economia que mais gera resíduos, causando grande impacto ambiental. Com o atual progresso das usinas de reciclagem, temos um melhor aproveitamento dos resíduos de construção e demolição (RCD), desenvolvendo um ciclo benéfico para gerar um fim nobre aos resíduos que viriam degradar o meio-ambiente.

A reciclagem é uma atividade que, por razões de ordem prática e econômica, vêm motivando um novo hábito desde a antiguidade. Atualmente, a busca por um modelo de desenvolvimento sustentável pode adicionar uma nova dimensão para reciclagem. (JOHN,2000)

Sabe-se que a construção é uma das atividades mais antigas que se tem conhecimento e desde os primórdios da humanidade, foi executada de forma artesanal, gerando como subprodutos grande quantidade de entulho. (ABRECON)

Ao longo da História, tal fato despertou a atenção dos construtores já na época da edificação das cidades do Império Romano e desta época datam os primeiros registros da reutilização dos resíduos minerais da construção civil na produção de novas obras. (ABRECON)

Dentre os diversos resíduos gerados, o vidro assume um papel relevante, uma vez que o Brasil produz em média 980 mil toneladas por ano, dos quais apenas cerca de 441 mil toneladas (45%) são alvo de processos de reaproveitamento. (CEMPRE, 2013).

No estado de Rondônia, em 2015, foi gerada a quantidade de 11.461 toneladas/dia de Resíduos Sólidos Urbanos – RSU, das quais 1.120 t/dia foram coletadas. (ABRELPE).

Entre os resíduos sólidos, o vidro é o material com 100% de potencial de reciclagem e existe em abundância, suas características intrínsecas incluem elevados valores de resistência à compressão, à tração, à flexão e durabilidade. Além do mais, 72% de sua composição é essencialmente constituído por sílica (SiO<sub>2</sub>), dessa forma apresenta-se como uma possibilidade viável de aproveitar o resíduo de vidro.

Nos dias atuais, estudos sobre alternativas que possam substituir os agregados convencionais são comuns, constituindo um meio eficiente para reduzir os impactos ambientais. Visando contribuir, este trabalho pretende avaliar a substituição de parte do agregado miúdo pelo resíduo de vidro, indicando que é uma opção possível.

## 2. METODOLOGIA

### 2.1 COLETA E CARACTERIZAÇÃO DO RESÍDUO DE VIDRO

As amostras do resíduo, utilizadas neste artigo, são resultantes da reciclagem de vidro, tendo ele diferentes tipos e formas. Foram coletadas na empresa PRS Recicladora, situada no município de Porto Velho - Rondônia. Os vidros foram moídos através de britador comum (Figura 1).



Figura 1 - Britador de vidro comum.

Para caracterização realizou-se uma análise granulométrica, que procedeu conforme a NBR 7211/2005 e NM 248/2003, com nove peneiras, desde abertura 12,5 mm até abertura 0,15 mm. As peneiras foram agitadas manualmente. O material retido em cada peneira foi pesado com uma balança digital de precisão de 0,01g. A partir da porcentagem do peso do agregado presente em cada peneira, foi possível obter a curva granulométrica e o módulo de finura (Figura 2).



Figura 2 - Peneiramento manual dos agregados.

## 2.2 TRAÇO

A dosagem foi baseada no método ABCP (Associação Brasileira de Cimento Portland). Na elaboração foi utilizado o cimento tipo CP II F – 32, fazendo uma proporção de areia e vidro. A partir da granulometria foi feita a relação a/c (água/cimento), estabelecendo o consumo do cimento utilizando como traço de projeto o Fck 5 MPa.

## 2.3 PREPARAÇÃO DA ARGAMASSA

As argamassas foram produzidas com o traço definido e preparadas conforme a NBR 13.276/2002, substituindo parte da areia pelo resíduo de vidro, nas porcentagens de 25%, 50% e 75%, realizados no Laboratório da empresa Betontech. Os elementos constituintes do material composto, ou seja, o cimento, areia e resíduo, foram devidamente pesados, como mostra a Figura 3, utilizando balança com precisão. Para misturar os agregados, foi utilizado um misturador mecânico, para produção da argamassa.

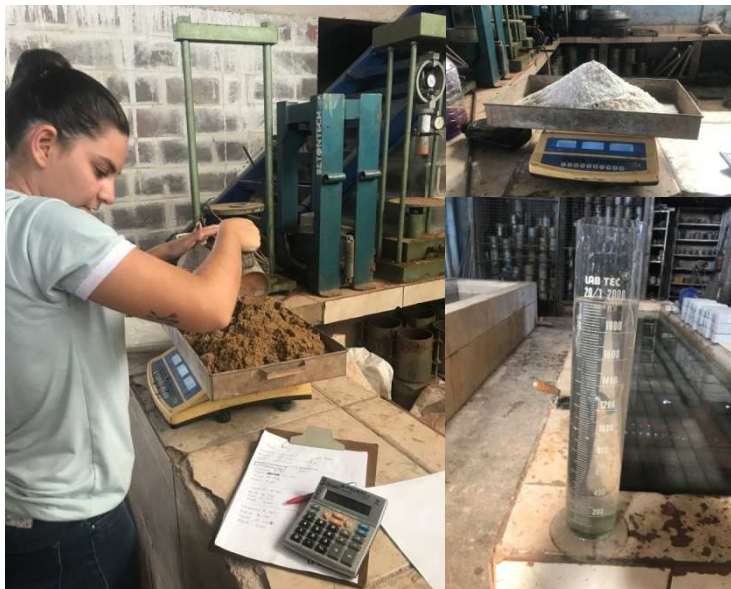


Figura 3 - Pesagem dos materiais.

## 3. ENSAIO DE COMPRESSÃO AXIAL

As argamassas foram moldadas dentro dos corpos de prova (cps) no formato cilíndrico com dimensões 50 x 100 mm (diâmetro x altura), conforme estabelece a NBR 5738/2003. Foi realizada a moldagem de 24 corpos de prova para serem ensaiados à compressão aos 3, 7 e 28 dias de idade de cada traço. Sendo 6 cps para cada traço desenvolvido nesse estudo. Após 24 horas realizou-se a desmoldagem dos corpos de prova e em seguida foram transferidos para um tanque com água para realizar a cura submersa (Figura 4).





Figura 4 - Montagem do corpo de prova, corpo de prova pronto após 24 horas e cura dos corpos de provas por imersão em água.

Para caracterização das argamassas quanto à compressão, os ensaios de rompimento dos corpos de prova foram realizados em uma máquina de ensaios universal da Solotest® Prensa Eletro hidráulica com indicador digital, com capacidade para 200 toneladas força e regulada para aplicar uma carga uniforme e sem choque de 5,0N/s. Os resultados obtidos foram calculados, conforme normatização brasileira, através da média dos valores das resistências calculadas pela equação 1:

$$F_c = \frac{4F}{\pi D^2} \quad (1)$$

Onde  $F$ : força máxima obtida no ensaio (N),  $D$ : diâmetro do corpo de prova (mm) e  $F_c$ : Resistência à compressão axial (MPa).



Figura 5 - Rompimentos dos corpos de provas.

#### 4. ENSAIO DE ARRANCAMENTO

O ensaio de arrancamento foi realizado conforme a NBR 13.528/2010. As argamassas foram moldadas como painéis em substrato, parede de alvenaria de bloco cerâmico (tijolo), sendo quatro amostras em uma parede com chapisco e quatro amostras em uma parede sem chapisco (Figura 6).



Figura 6 – Painéis de argamassas para ensaio de arrancamento.

O arrancamento das pastilhas foi realizado após 28 dias, com aparelho de arrancamento Dinateste<sup>®</sup>, portátil modelo DNTT-5 com indicador digital, cuja capacidade disponível é de 5 KN, e o acionador hidráulico é manual.



Figura 7 - Painéis retirados os corpos de provas e ação das retiradas dos corpos de provas.

Para os corpos de provas, foram feitos o corte com uma furadeira acoplada a uma broca tipo serra copo de 50 mm de diâmetro. Ao todo foram feitos um total de 96 furos, sendo retirados 12 corpos de prova para cada tipo de argamassa, distribuídos de forma aleatória. Após limpeza da superfície, sobre cada furo foi colada uma pastilha metálica com resina epóxi. Os cálculos de resistência de aderência à tração foram feitos a partir da seguinte equação 2:

$$Ra = \frac{P}{A} \quad (2)$$

Onde  $Ra$  = resistência de aderência à tração (MPa),  $P$  = carga de ruptura (N) e  $A$  = área da pastilha ( $\text{mm}^2$ ).



## 5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 5.1 ANÁLISES GRANULOMÉTRICAS DOS AGREGADOS

A partir do ensaio de granulometria realizado nos agregados (areia e resíduo de vidro) utilizados na argamassa, conforme a NBR NM 248/2003, foi possível determinar as curvas granulométricas apresentadas a seguir nas figuras 9 e 10:

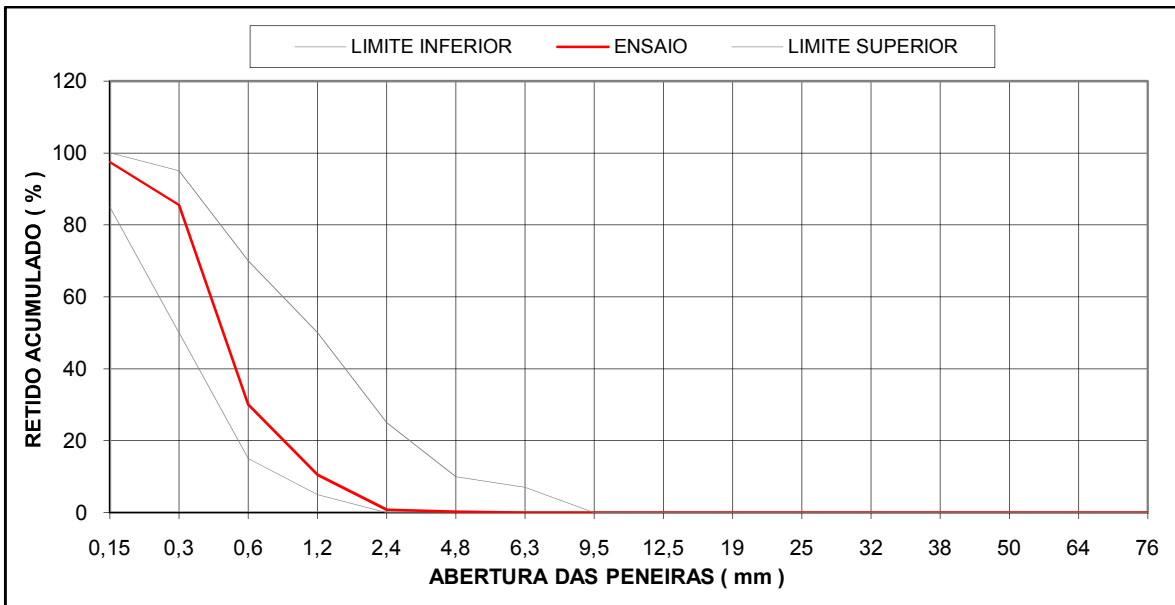


Figura 8 - Curva granulométrica da areia.

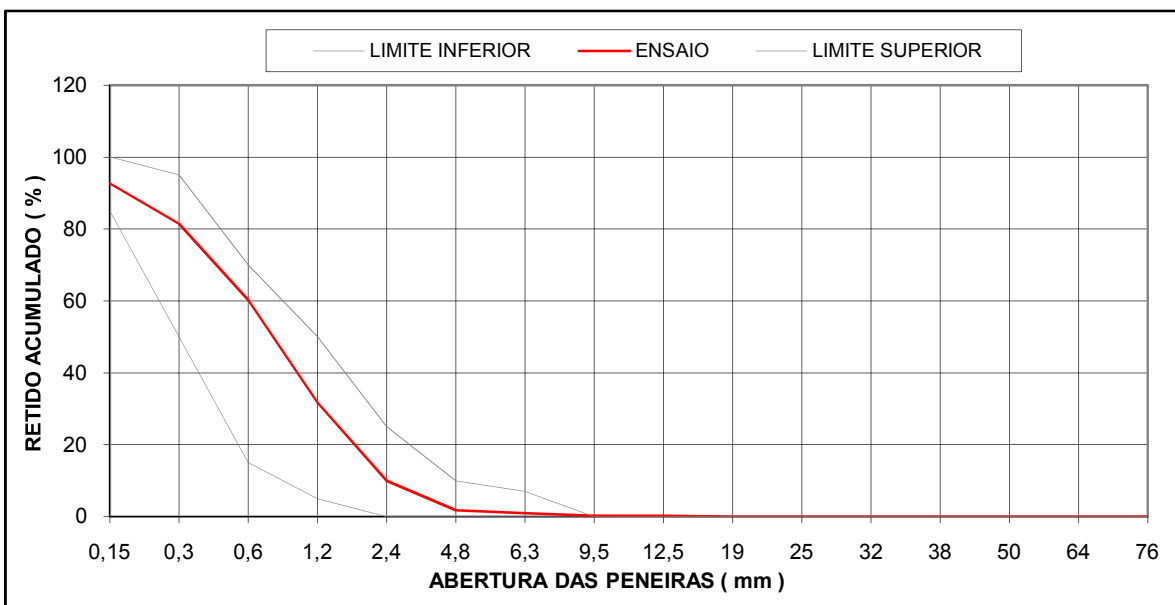


Figura 10 - Curva granulométrica do vidro.

Comparando a curva granulométrica do vidro com a do agregado miúdo (areia) é possível notar se a granulometria da amostra existe uma semelhança, segundo normatização brasileira, o que





indica que o vidro tem uma dimensão de grãos próximos a da areia. Diante da comparação, os limites granulométricos dos agregados classificam-se nesse estudo como zona ótima, uma vez que as porcentagens retidas acumuladas nas peneiras estão dentro da norma NBR 7211/2005. Os resultados das granulometrias tanto da areia quanto do vidro estão dispostos na Tabela 1 a seguir:

Tabela 1 - Resultados das análises granulométricas.

GRANULOMETRIA AREIA				GRANULOMETRIA VIDRO			
PENEIRA ( mm )	PESO RETIDO	PORCENTAGEM		PENEIRA ( mm )	PESO RETIDO	PORCENTAGEM	
		RETIDA	ACUMUL.			RETIDA	ACUMUL.
76				76			
64				64			
50				50			
38				38			
32				32		-	
25		-		25		-	
19				19		-	
12,5		-		12,5	3	0,2	% 0,23 %
9,5		-		9,5		-	0,23 %
6,3		-		6,3	10,0	0,8	% 1,00 %
4,8	3,5	0,3	% 0,27 %	4,8	10,5	0,8	% 1,82 %
2,4	6,7	0,5	% 0,77 %	2,4	105,1	8,1	% 9,95 %
1,2	127,6	9,7	% 10,46 %	1,2	280,6	21,7	% 31,65 %
0,6	259,1	19,7	% 30,13 %	0,6	369,4	28,6	% 60,22 %
0,3	729,5	55,4	% 85,51 %	0,3	274,3	21,2	% 81,43 %
0,15	157,6	12,0	% 97,47 %	0,15	144,7	11,2	% 92,62 %
FUNDO	33,3	2,5	% 100%	FUNDO	95,4	7,4	% 100%
TOTAL	1317,29	100	%	TOTAL	1293,05	100	%

## 5.2TRAÇO

Após classificação e determinação da areia e do vidro conforme o método ABCP, ficou determinado como traços para dosagem da argamassa (Tabela 2).

Tabela 2 - Traços utilizados no desenvolvimento das argamassas.

Traços	Componentes	Massa (g)	Água (g)
Traço 1 - 25% Vidro	Cimento	8.360	450
	Areia	25.054	
	Vidro	8.351	
Traço 2 - 50% Vidro	Cimento	8.360	450
	Areia	16.702	
	Vidro	16.702	
Traço 3 - 75% Vidro	Cimento	8.360	450
	Areia	8.351	
	Vidro	25.054	
Traço 4 - Referencial	Cimento	8.360	350
	Areia	33.405	



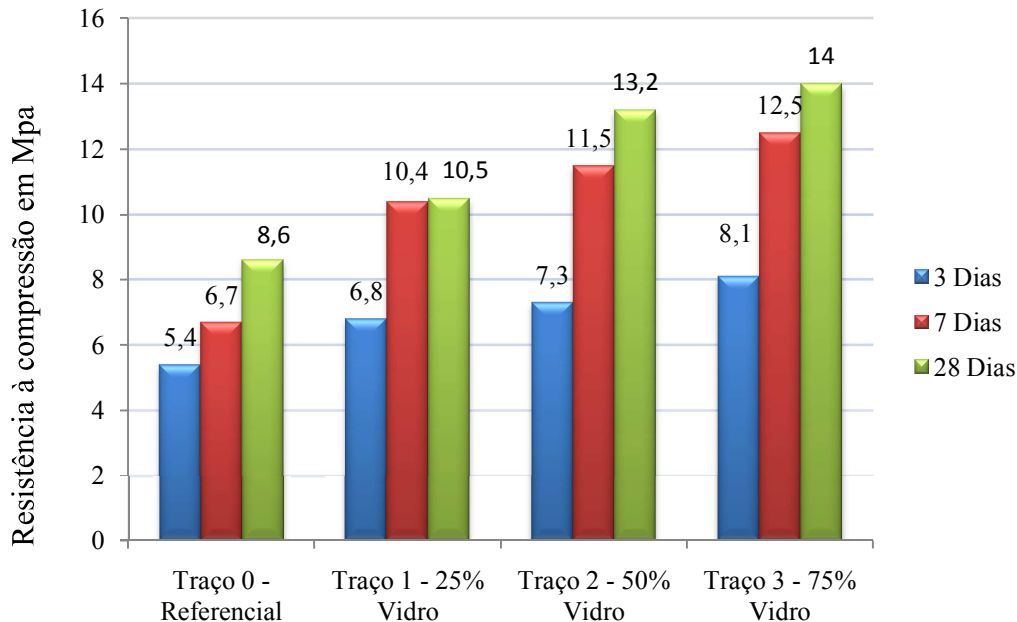
### 5.3 ENSAIO DE COMPRESSÃO AXIAL

A Tabela 3 apresenta os resultados do ensaio à resistência à compressão atingida pelos corpos de provas ensaiados. Observa-se, das argamassas moldadas com adição de resíduo de vidro, foi evidenciado um aumento significativo em sua resistência mecânica.

**Tabela 3 - Resultados do ensaio à compressão axial.**

Reg. Lab.	Corpo e prova	Fck (proj.)	Data de moldagem	Data de ruptura	Idade (dias)	Hora Mold.	Traço concretagem	Carga (Kgf)	Fck (MPa)	Média (MPa)
01	T1	5	13/3/18	16/3/18	3	16:00	Traço 1 - 25% Vidro	1,35	6,9	6,8
02	T1	5	13/3/18	16/3/18	3			1,32	6,7	
03	T1	5	13/3/18	20/3/18	7			2,10	10,4	10,4
04	T1	5	13/3/18	20/3/18	7			1,98	10,1	
05	T1	5	13/3/18	10/4/18	28			2,10	10,7	10,5
06	T1	5	13/3/18	10/4/18	28			2,04	10,4	
07	T2	5	13/3/18	16/3/18	3	16:40	Traço 2 - 50% Vidro	1,38	7,0	7,3
08	T2	5	13/3/18	16/3/18	3			1,49	7,6	
09	T2	5	13/3/18	20/3/18	7			2,29	11,7	11,5
10	T2	5	13/3/18	20/3/18	7			2,22	11,3	
11	T2	5	13/3/18	10/4/18	28			2,74	14,0	13,2
12	T2	5	13/3/18	10/4/18	28			2,46	12,5	
13	T3	5	13/3/18	16/3/18	3	17:19	Traço 3 - 75% Vidro	1,57	8,0	8,1
14	T3	5	13/3/18	16/3/18	3			1,63	8,3	
15	T3	5	13/3/18	20/3/18	7			2,46	12,5	12,5
16	T3	5	13/3/18	20/3/18	7			2,45	12,5	
17	T3	5	13/3/18	10/4/18	28			2,59	13,2	14,0
18	T3	5	13/3/18	10/4/18	28			2,89	14,7	
19	T4	5	13/3/18	16/3/18	3	18:00	Traço 4 - Referencial	1,10	5,6	5,4
20	T4	5	13/3/18	16/3/18	3			1,01	5,1	
21	T4	5	13/3/18	20/3/18	7			1,29	6,6	6,7
22	T4	5	13/3/18	20/3/18	7			1,33	6,8	
23	T4	5	13/3/18	10/4/18	28			1,79	9,1	8,6
24	T4	5	13/3/18	10/4/18	28			1,57	8,0	

O traço 3 apresenta um maior resultado comparando como corpo-de-prova referência. Mas, todos os traços atenderam as especificações quanto à resistência requerida de forma satisfatória, ou seja, a resistência à compressão para a idade de 28 dias, maior ou igual a 5 MPa, de acordo com a NBR13.281/2005.



**Figura 9 - Comparação de resistências.**

Os valores representam a média de dois corpos de provas para cada idade submetidos às mesmas condições de ensaio. Conforme a idade de rompimento de 3 dias evidenciou-se que os traços de 50% e 75% obtiveram a melhor resistência e uma diferença irrisória inferior a 1 Mpa.

Para a idade de rompimento de 7 dias evidenciou-se que os traços de 50% e 75% continuam com a melhor resistência em comparação com o traço 0.

Conforme análise de comparação referente a resistência dos traços 1, traço 2 e traço 3 com o traço 0 (referencial), é notável que os resultados obtidos com 7 e 28 dias tiveram uma evolução significativa na resistência.

### 5.4 ENSAIO DE ARRANCAMENTO

Os resultados do ensaio estão apresentados na Tabela 4 com seus respectivos valores médios (MPa). Neste contexto, a resultância dos desvios padrão é mínima, o que significa que os valores médios obtidos são confiáveis.

**Tabela 4 - Resultados do ensaio de arrancamento.**

Corpo de prova Painel	Tensão média (Mpa)		Desvio Padrão	
	Parede sem chapisco	Parede com chapisco	Parede sem chapisco	Parede com chapisco
0% Referencial	0,19	0,29	0,03	0,01
25% Vidro	0,18	0,34	0,02	0,01
50% Vidro	0,21	0,37	0,02	0,01
75% Vidro	0,23	0,39	0,02	0,01



Em relação ao ensaio analisou-se que o melhor desempenho foi o com a aplicação de chapisco no substrato, verificando uma evolução para todos os traços em estudo, 25%, 50% e 75% vidro.

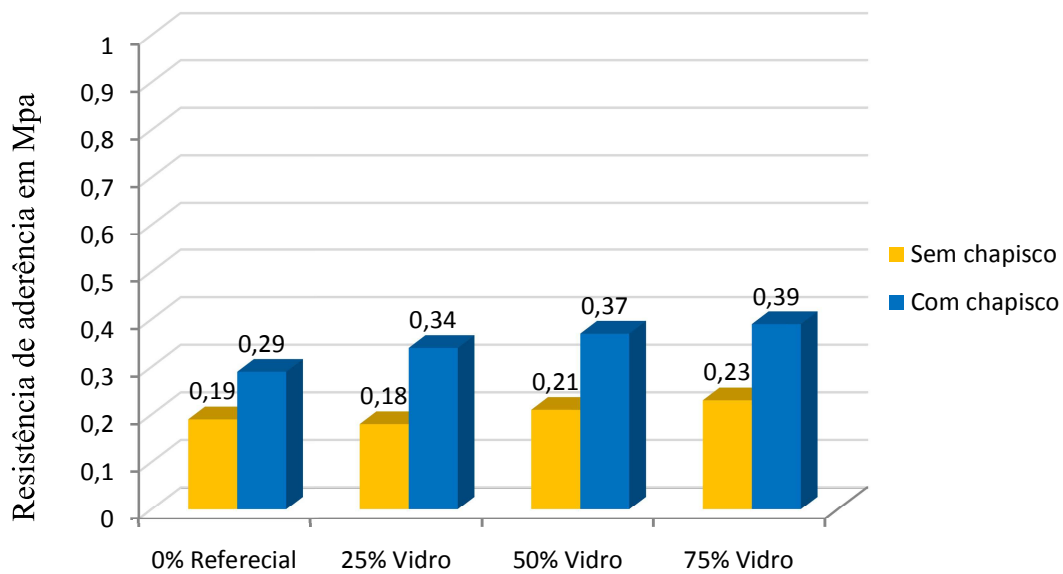


Figura 10 - Resultados de resistência de aderência à tração.

É notável, ao comparar os traços 25%, 50% e 75% vidro, que à medida que se aumentou a quantidade de vidro ocorreu o aumento da resistência de aderência à tração. Observa-se que o melhor desempenho de resultado comparando com o traço referencial foia parede com chapisco no traço de 75% vidro.





## **6. CONSIDERAÇÕES FINAIS**

A partir dos ensaios realizados nas argamassas desenvolvidas, é possível afirmar que o traço 3 com 75% de substituição de areia por vidro foi o que obteve um maior resultado. Apesar de atingir-se a resistência, a trabalhabilidade foi prejudicada em virtude de não obter a homogeneidade necessária, dificultando a moldagem manual dos corpos de prova do ensaio de arrancamento.

Viabilizando um conjunto de fatores, trabalhabilidade, aderência em execução e aspecto final sem comprometimento de fissuras, o teor de substituição mais adequado nesta pesquisa foi de 25%, pois se atingiu um patamar de resistência equivalente ao traço referencial.

Considerando-se que a tendência da construção civil é acompanhar o desenvolvimento sustentável, devemos apoiar a criação de novos métodos para, assim, gerar uma diminuição de resíduos gerados pelo setor, logo, contribuindo com o meio ambiente.

Sugere-se a continuidade deste tema em trabalhos futuros, principalmente no que tange a verificação em relação à reatividade das reações álcali-sílica do vidro com o cimento.

Visto que foram obtidos com sucesso, as resistências a compressão axial e de aderência à tração, com substituição de areia por percentuais de vidro moído, os resultados desta pesquisa são satisfatórios.

## **7. AGRADECIMENTOS**

Às empresas PRS - Recicladora de Resíduos Sólidos, fornecendo materiais, a Betontech pela disponibilização do laboratório e cedido seus técnicos para orientação aos ensaios e ao professor Daniel Martins pelo auxílio no artigo.



## REFERÊNCIAS

**ABRECON, Associação Brasileira para Reciclagem de RCD**, Disponível em: <<http://abrecon.org.br/entulho/historia-do-entulho/>>, Acesso em: 25 de Março de 2018.

**ABRELPE - Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais**, Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil 2015, <http://www.abrelpe.org.br/Panorama/panorama2015.pdf>.

**ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas**, NBR 13281 - Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos – Requisitos. Rio de Janeiro: ABNT, 2005.

**ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas**, NBR 7211 - Agregados para concreto - Especificação. Rio de Janeiro: ABNT, 2005.

**ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas**, NBR NM 248 - Agregados - Determinação da composição granulométrica. Rio de Janeiro: ABNT, 2003.

**ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas**, NBR 13276 - Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos - Preparo da mistura e determinação do índice de consistência. Rio de Janeiro: ABNT, 2002.

**ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas**, NBR 5738 - Concreto - Procedimento para moldagem e cura de corpos-de-prova. Rio de Janeiro: ABNT, 2003.

**ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas**, NBR 13528 - Revestimento de paredes de argamassas inorgânicas - Determinação de resistência de aderência à tração. Rio de Janeiro: ABNT, 2010.

**CEMPRE, Consórcio Empresarial para a Reciclagem**, Disponível em: <[www.cempre.org.br](http://www.cempre.org.br)>, Acesso em 25 de Março de 2018.

**JOHN, V. M. Reciclagem de resíduos na construção civil**: contribuição à metodologia de pesquisa e desenvolvimento. Tese de Livre Docência, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo, SP, Brasil, 113 p, 2000.



**TICIANE RODRIGUES TICIANELLI**

**INCORPORAÇÃO DE VIDRO EM SUBSTITUIÇÃO AO AGREGADO  
MIÚDO (AREIA) EM ARGAMASSAS**

Este artigo foi julgado adequado para a obtenção do título de Bacharel em ENGENHARIA CIVIL e aprovado em sua forma final pela Banca Examinadora composta pelos examinadores abaixo relacionados, na data de 13 / 06 / 2018.

PROF. MSc. MARIA ANGÉLICA FOES ROCHA  
COORDENADORA DO CURSO DE ENGENHARIA CIVIL

PROF. MSc. DANIEL MARTINS  
ORIENTADOR

PROF. ESP. TARCÍSIO BATISTA RÉGIO

PROF. ESP. HELVIO DE OLIVEIRA PANTOJA

**PORTO VELHO**

**2018.1**