

## Avaliação Mecânica e Física de Resíduo de Vidro em pó Como Agregado Miúdo em Concreto

GILVANA MAGALHÃES MACIEL

Estudante Bacharel em Engenharia Civil da Laureate International Universities/UNINORTE (Brasil)

JOSÉ CLAUDIO MOURA BENEVIDES

Engenheiro Civil Laureate International Universities UNINORTE (Brasil)

GLAUBER DO VALE DE MEDEIROS

Engenheiro Civil Laureate International Universities UNINORTE (Brasil)

### Abstract

*For the Ministry of environment 2018, a third of household waste is composed of packaging. However, not all of them go to the recycling process, where this waste contributes to the increase of volumes in landfills and dumps, requiring new areas to dispose of the waste we generate.*

*The reuse of these packaging is an activity in which certain types of materials are daily picked up from the most distinct places such as: cooperatives manage the business. This process of selective collection is important nowadays, or when it becomes what is or will be found in the trash in new products, thus reducing the new waste that would probably be released to the environment, but at the same time, reduce the consumption of non-renewable sources of raw materials.*

**Keywords:** Environment, Reuse, waste and raw material

## 1. INTRODUÇÃO

Segundo dados do Ministério do Meio Ambiente, 2018 (MMA) um terço do lixo doméstico é composto por embalagens.

Totalizando cerca de 80% das embalagens são descartadas após seu uso apenas uma vez! Porém nem todas seguem para o processo de reciclagem, onde estes resíduos contribuem para o aumento dos volumes de aterros e lixões, exigindo novas áreas para depositarmos o lixo que geramos.

A reutilização dessas embalagens é uma atividade em que certos tipos de materiais, diariamente são apanhados dos mais distintos lugares tais como: Fábricas e suas áreas ou refugos, coletas seletivas residenciais, coletas de ruas, e comércios, ou através do grupo de catadores, que acabam fazendo do lixo um luxo, criando cooperativas de gerenciamento do negócio. Este processo de coleta seletiva é importante nos dias de hoje, ou vez que se transforma aquilo que iria ou já se encontra no lixo em novos produtos, reduzindo assim os novos resíduos que provavelmente seriam lançados ao meio ambiente, como também ao mesmo tempo, reduziria o consumo de fontes não renováveis de matérias-primas.



**Figura 01 - Lixeira viciada a céu aberto. Fonte: Resíduo all**

Dentre as matérias primas empregadas na construção civil, podemos citar: Os agregados areia e pedras, o cimento, o tijolo, a madeira, o ferro e a água, ambos para produção de estruturas como um todo. Ainda existem outros elementos que são considerados inovadores tecnológicos.

Podemos citar como exemplo de inovação e tecnologia, a fabricação do asfalto ecológico, prática estabelecida em algumas

concessionárias do Grupo CCR no Brasil, que ajudam a minimizar os impactos ao meio ambiente, como também melhoram a produção e uso dos asfaltos que utilizam pneus descartados para sua produção. Reutilizar um material que antes era considerado um dos principais passivos ambientais, o pavimento de ruas e estradas feito com borracha tem maior durabilidade e melhora o conforto nas viagens, devido reduzir o ruído provocado com o atrito do pneu e o asfalto e causa menor dispersão de água da chuva. Outro material que passou a usar constantemente das edificações é vidro. Elementos este que passou a ser usado como paredes ou divisões sem efeitos estruturais das edificações.

SHACHELFORD, 2008. Afirma ainda que as características do vidro permitem a utilização em grande escala na indústria, implicando numa grande geração de resíduos. Constituído basicamente de sílica, o vidro tem um aproveitamento em 100% para a sua reciclagem, onde uma mesma quantidade de vidro rejeitado pode ser reciclado e podendo ser produzido essa mesma quantidade de vidro novo com as mesmas qualidades e características físicas e mecânicas de seu formato original em 100% .

Este artigo visa realizar análise mecânica e física das propriedades de concretos com a adição de resíduo do pó de vidro em diferentes concentrações e dosagens, em substituição de parte do agregado miúdo.

Em sua, GALVÃO, FARIAS & SOUZA (2013) HOLOS, Ano 29, Vol. 4 61 cita que a reutilização do pó de vidro no processo produtivo acarreta numa vantajosa diminuição da energia necessária para sua fundição uma vez que o mesmo já passou pelo processo de fabricação, pois os resíduos de vidro podem ser reciclados como agregado para cimento Portland de agregados naturais utilizados em sua fabricação.



Figura 02 – Pó De Vidro FONTE: ECOMÁQUINAS

## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 CONCEITOS DE RESÍDUOS

A Lei nº 12.305, de 02 de Agosto de 2010, que institui a Política Nacional de resíduo sólido conceitua resíduos sólidos como sendo: material, substância, objeto ou bem descartado resultante de atividades humanas em sociedade, e cuja destinação final se procede, se propõe proceder ou se está obrigado a proceder, nos estado sólido ou semi-sólido, bem como gases contidos em recipientes e líquidos cujas particularidades tornem inviável o seu lançamento na rede pública de esgotos ou em corpos d'água, ou exijam para isso soluções técnicas ou economicamente inviáveis em face da melhor tecnologia.

Podemos classificar os resíduos de acordo com o Programa Nacional de Resíduos Sólidos - PNRS, quanto à origem e a periculosidade. Onde resíduos perigosos são aqueles que, em razão de suas características de inflamabilidade, corrosividade, reatividade, toxicidade, patogenicidade, carcinogenicidade, teratogenicidade e mutagenicidade, e que apresentam significativo risco à saúde pública ou à qualidade ambiental.

Resíduos não perigosos são aqueles não enquadrados na alínea “a”. Parágrafo único. Respeitado o disposto no art. 20, que são caracterizados como não perigosos, podem, em razão de sua natureza, composição ou volume, ser comparados aos resíduos domiciliares pelo poder público municipal. processos,

vem ocorrendo um aumento na produção de resíduos sólidos, principalmente nos grandes centros urbanos.



**Gráfico 01- Representação Da Decomposição De Resíduos. FONTE: CIDADELIMPA**

## 2.2 UTILIZAÇÕES DE RESÍDUOS SÓLIDOS

A partir do momento em que adquirimos produtos, já de início levamos suas embalagens, como também em algum momento iremos ter que nos desfazer do mesmo, seja porque consumimos o produto, ou até mesmo porque chegou o fim da vida útil do produto. Na maioria das vezes não sabemos onde vai parar tais resíduos e qual a quantidade geramos.

## 2.3 RECICLAGEM E REUTILIZAÇÃO

Hoje no Brasil, diversas pessoas possuem renda mensal através do trabalho com a reciclagem de materiais que muitos consideram com sendo lixos, entre eles citamos: Papelão, alumínio (latinhas), plásticos, materiais ferrosos, entre outros. Estes materiais coletados principalmente nos grandes centros urbanos são vendidos a empresas de reciclagem, ou passam por cooperativas de reciclagem, para posteriormente serem vendidos a empresas de reciclagens ou transformação.

SANTOS et al., 2004, Afirma que o processo reciclagem nada mais é de que minimizamos os extrativismos dos recursos naturais não renováveis e a redução dos custos para a geração destas matérias prima para a cadeia produtiva.



**Figura 03 – Centro De Triagem Ou Recicladora Fonte: Revista W3**

## **2.4 O VIDRO**

Para DIAS e CRUZ, 2009, o vidro é um mix de areia, barrilha, calcário, alumina e aditivos que formam uma massa semi-líquida, é um óxido metálico, super resfriado, transparente, de elevada dureza, essencialmente inerte e biologicamente inativo. Matérias primas estas extraídas de fontes consideradas com não renováveis

## **2.5 A DESCOBERTA DO VIDRO PELOS POVOS**

Historicamente, estudiosos afirmam que egípcios, fenícios, assírios, sírios, babilônios, gregos e romanos foram os primeiros que passaram a trabalhar com o vidro, como também em outras citações é atribuída à descoberta acidental somente aos navegadores fenícios. Existem ainda outros estudiosos que indicam que povos mesopotâmios e egípcios já dominavam técnicas rudimentares para a criação de vidro há cerca de 5.000 anos.

A Associação Brasileira da Indústria de Vidro - ABIVIDRO, 2013 diz que cerca dos anos de 500 a 600 d.C. surgiu o vidro plano, desenvolvido por uma técnica utilizada até o século XIX, que consistia em soprar uma esfera e expandi-la por rotação em forno.

### **3 – DADOS, MATERIAIS E MÉTODOS**

#### **3.1 MATÉRIAS PRIMAS PARA CONFECÇÃO DOS CORPOS DE PROVA**

As matérias primas utilizadas para constituir o concreto, para a confecção dos corpos de prova cilíndricos foram o cimento, agregados graúdo (brita), resíduo de vidro (pó) peneirado, areia e água.

##### **3.1.1 Cimento**

Foi utilizado o cimento do tipo Portland composto CP II-Z-32 RS da empresa Mizu



**Figura 04 – Cimento Fonte: Cimentos Mizu 2018**

##### **3.1.2 Agregado Graúdo**

Como agregado graúdo foi utilizado brita zero, de granulometria 4,8 a 9,5 mm



**Figura 05 – Pedra Brita Fonte: Mapa Da Obra 2018.**

##### **3.1.3 Agregado miúdo - Pó de Vidro**

O pó de vidro utilizado como agregado miúdo (Figura 5) é resultante de aparas e rejeitos de empresas de vidrarias da

cidade de Manaus. Uma vez que durante o processo de corte da placa para atender os pedidos dos clientes, acabam sempre sobrando partes que viram descartes. Neste processo ocorre a separação das aparas do vidro, como também existem as perdas (refugo ou rejeito) por falhas de qualidade nas lentes.



**Figura 06 –Pó De Vidro Fonte: Made-In-China 2018.**

Uma vez efetuado os cortes, essas aparas são disponibilizadas para o descarte, que em sua maioria ocorrem de maneira ambientalmente incorreta.



**Figura 07 - Aparas De Vidro Fonte: Unitybr 2018**

### **3.1.4 Agregado miúdo - Areia**

Como agregado miúdo foi utilizado a areia fina, de granulometria 0,05 a 0,3 mm, sendo extraído da concreteira SUPERMIX, localizada no Bairro do TARUMÃ em Manaus Amazonas.





Figura 08 – Local Da Coleta Da Areia Fonte: Próprio Autor 2018.

#### 4.CORPOS DE PROVA

Os CP's foram realizados na sala laboratorial de experimentos de solos da UNINORTE.

Inicialmente no primeiro momento, foram realizados corpos de prova cilíndricos 10 x 20 cm, sendo com proporções composicionais da massa utilizada na fabricação para cada percentual e adição do resíduo de vidro.

Os componentes são adicionados na proporção de quatro partes (em volume) de areia, três partes de pedrisco para uma parte de cimento e ainda 1,8 litros de água. Após esta primeira etapa iniciou-se o processo de confecção dos corpos de prova.

Para este estudo, estipularam-se as porcentagens de 0%, 5% e 15% de resíduo de pó de vidro para adição à massa concreto. Para que o artefato mantivesse com sua massa original, o correspondente ao agregado miúdo de vidro a ser adicionado foi diminuído proporcionalmente da massa do agregado graúdo brita 0 . Assim, considerando a necessidade de uma referência (testemunha ), os ensaios foram realizados atendendo quatro tratamentos, representados por:

Amostra 1 – Concreto sem adição de resíduo de vidro 0%;  
Testemunho.

Amostra 2 – Concreto com adição de resíduo de vidro em 5% ;

Amostra 3 – Concreto com adição de resíduo de vidro em 15% ;



Figura 07 – Formagem Dos Cp's Com 5%: Fonte: Próprio Autor 2018.

Seguindo a diretriz da norma NBR 9781:2013 onde é recomendado a utilização de no mínimo seis amostras para o teste de inspeção visual, seis amostras para o teste de resistência à compressão e três amostras para o teste de absorção de água. Devido a ausência da quantidade necessária de recipientes para a confecção de corpo de prova, foram preparados 4 corpos de prova para cada ensaio.

Utilizamos as quantidades abaixo tabeladas para o calculo do percentual correto de matéria prima.

Traço 1	
Testemunho	
Cimento	3680 Kg
Areia	6160Kg
Brita	7840Kg
Água	1,800 l

Tabela 01 – Quantitativo do Traço inicial testemunho: *FONTE: PRÓPRIO AUTOR 2018.*

Consumo de água Aplicado 1,8 L		
Nº do traço	Litros consumidos	Redução
Traço 01	1,8	0%
Traço 02	1,72	6%
Traço 03	1,69	9%
	0,900	50%

Tabela 02 – Quantitativo do Consumo e redução de água: *FONTE: PRÓPRIO AUTOR 2018.*

Inicialmente para o consumo de água de cada grupo se deu base ao traço testemunho, utilizando 1,8 litros.

Quando se eleva o percentual de adição do resíduo de vidro, o consumo de água baixa consideravelmente. É no notório

primeiro traço de 5% de pó de vidro, tivemos uma baixa no consumo de 6%.

CIMENTO			
RN	28 DIAS	32 fck	
Massa específica	3101		
AREIA			
MODULO DE FINIRA	2,42		
Massa específica	2620,0 Kg por m3		
Massa unitária	1555 Kg por m3		
RESIDUO DE VIDRO			
MODULO DE FINIRA	5,00		
Diametro máximo	4,75		
Massa unitária	1,423 g por cm3		
AGREGADO GRAUDO-BRITA			
MODULO DE FINIRA	6,65		
Ø maximo	9,5mm		
Massa unitária	1432 kg por m3		
Massa específica	2770,0 Kg por m3		

Tabela 03 – Dados de Propriedades físicas dos agregados: *FONTE: PRÓPRIO AUTOR 2018.*

Conforme é apresentado os dados físicos da tabela acima, apresenta-se de acordo com as normas legais para o uso de materiais na construção Civil.

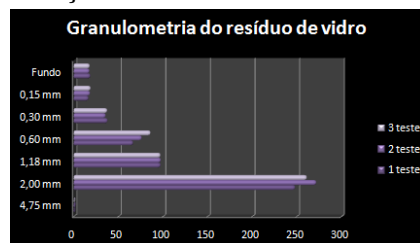


Gráfico 01 – Apresentação da Granulometria do resíduo de vidro: *FONTE: PRÓPRIO AUTOR 2018.*

Para a análise granulométrica, percebemos que a peneira que reteve maior concentração de partículas foi a que 2,00 mm, porém com uma consistência na uniformidade dos grãos, onde se definiu utilizar no concreto os materiais retidos nas peneiras de 0,15mm; 0,30mm; 0,60mm; 1,8mm e 2,0mm.

0% - Massa após desenformar dia 11-10-18		0% - Massa após emersão dia 18-10-18		0% - Ruptura com 7 dias		0% - Ruptura com 28 dias	
AM 01	3661,9	AM 01	x	AM 01	x	AM 01	27,44
AM 02	3613,5	AM 02	x	AM 02	x	AM 02	30,21
AM 03	3672	AM 03	3759,2	AM 03	17,28	AM 03	x
AM 04	3649	AM 04	3636,1	AM 04	18,23	AM 04	x

Tabela 04 – Propriedades físicas e mecânicas das amostras de 0% testemunho  
**FONTE: PRÓPRIO AUTOR 2019.**

5% - Massa após desenformar dia 11-10-18		5% - Massa após emersão dia 18-10-18		5% - Ruptura com 7 dias		5% - Ruptura com 28 dias	
AM 01	3741,3	AM 01	x	AM 01	x	AM 01	31,29
AM 02	3799,6	AM 02	x	AM 02	x	AM 02	31,12
AM 03	3681,2	AM 03	3829,2	AM 03	19,45	AM 03	x
AM 04	3697,1	AM 04	3853,2	AM 04	18,43	AM 04	x

Tabela 05 – Propriedades físicas e mecânicas das amostras de 5% **FONTE: PRÓPRIO AUTOR 2019.**

15% - Massa após desenformar dia 11-10-18		15% - Massa após emersão dia 18-10-18		15% - Ruptura com 7 dias		15% - Ruptura com 28 dias	
AM 01	3611,6	AM 01	x	AM 01	x	AM 01	28,17
AM 02	3624,5	AM 02	x	AM 02	x	AM 02	28,33
AM 03	3628,2	AM 03	3640,1	AM 03	18,5	AM 03	x
AM 04	3649,7	AM 04	36645,3	AM 04	18,29	AM 04	x

Tabela 6 – Propriedades físicas e mecânicas das amostras de 15% **FONTE: PRÓPRIO AUTOR 2019.**

### 4.3.3 ABSORÇÃO DA ÁGUA

Anteriormente para a realização do teste dos corpos de prova, os mesmos foram submetidos a imersão em água por 168 horas (7 dias) e 672 horas (28 dias) à temperatura de 24°C e sendo pesados individualmente, para obtenção da massa saturada.



Figura 08 – Emersão em água: **FONTE: PRÓPRIO AUTOR 2018.**

Os dados apresentados para a pesagem da massa seca e o de pesagem após emersão em água, não indicou nenhuma representatividade que aumento ou redução da absorção de água nos corpos de provas submetidos, onde ambos ficam na margem de 2 % de absorção do líquido.

$$A = \frac{m_2 - m_1}{m_1} * 100$$

Sendo, A = Absorção de Água,  
m1 = Peso da massa seca  
m2 = Peso da massa saturada.

## **5. ANÁLISE DA DETERMINAÇÃO DA RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO**

Os testes que comprovam a de resistência à compressão com os CP's, foram devidamente segregados e identificados com o percentual de adição do resíduo de vidro triturado e transformado em pó, tendo como objetivo sua avaliação se os mesmos suportavam a aplicação de determinada carga sobre sua superfície.

Baseando-se na NBR 9781:2013, diz que a resistência à compressão de peças de concreto para pavimentação, deve suportar um peso maior ou igual a 35 MPa para tráfego de pedestres, veículos leves e veículos comerciais de linha e um peso maior ou igual a 50 MPa para tráfego de veículos especiais e solicitações capazes de produzir efeitos de abrasão acentuados.

Os corpos de prova sofreram teste de resistência à compressão no sétimo e vigésimo dia após formado. Vale lembrar que segundo a norma a realização do teste deve ocorrer com 28 dias.

Para testes com corpos de prova com menor período de cura, os resultados devem atingir ao menos 80% do valor recomendado pela norma, ou seja, 28 MPa.

Para este teste foram utilizados 6 corpos de prova. Os resultados médios obtidos nos testes para a verificação da resistência a compressão foram apresentados nos campos exclusivo das tabelas 04,05 e 06, como também no gráfico 02, apresentado abaixo, onde os dados são satisfatórios conforme preconiza a norma NBR 9781:2013

As amostras com a aplicação de 5% do resíduo de vidro triturado e transformado em pó, apresentou seus índices em um nível superior acima dos demais percentuais em comparação.

Com 5% de aplicação do pó de vidro com 7 dias de cura, tivemos um aumento em torno 1,7 toneladas de resistência a compressão em comparação com o percentual de 15%. Quando passamos a avaliar as amostras de 28 dias de cura, temos também um aumento próximo de 1,5 toneladas.

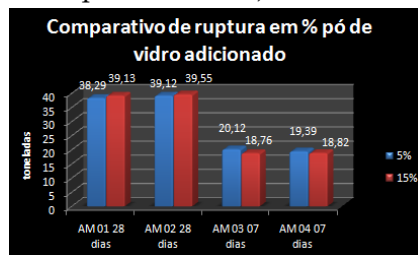


Gráfico 02 – Comparativo de ruptura: *FONTE: PRÓPRIO AUTOR 2019.*

## 6- CONCLUSÃO

Diante dos testes físicos e mecânicos realizados nos corpos de prova, os resultados apontam que os mesmos estão em conformidade com a norma NBR 9781:2013, onde não apresentam distorções em referencia ao estabelecido. Por se tratar de corpo de prova moldado não percebeu-se variações em suas dimensões .

Partindo da primícia aos testes de resistência a compressão, obtivemos, resultados positivos quanto a aplicação do pó de vidro, onde as amostras resistiram a compressão

esperada por norma. O concreto com a adição de 15% no máximo resíduo de vidro triturado e transformado em pó e com granulometria podendo variar de 0,15mm até 2,00mm pode ser muito bem empregado na construção civil para a confecção de blocos de concretos, meio fio e paver como também em revestimentos.

Aplicando o resíduo de vidro triturado e transformado em pó, existirá a redução no consumo de água, tornando assim o concreto mais resistente em comparação a adição dos agregados convencionais, como também com o ganho para o meio ambiente, como também os custos no consumo de água.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. [1] ÂNGULO, Sergio C.; ZORDAN, Sergio E.; JOHN, Vanderley M. Desenvolvimento sustentável e a reciclagem de resíduos na construção civil. Seminário do Desenvolvimento Sustentável e a Reciclagem na Construção Civil - Materiais reciclados e suas aplicações. CT206 - IBRACON. São Paulo – SP, 2011. Disponível em: <<http://www.pedrasul.com.br/artigos/sustentabilidade.pdf>>. Acesso em: 8 set. 2018, 20:10.
2. ASSOCIACAO BRASILEIRA DE NORMAS TECNICAS. NBR NM : Concreto - Determinação da consistência pelo abatimento do tronco de cone. Rio de Janeiro, 1998.
3. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 9781:2013. Peças de concreto para pavimentação: especificação e métodos de ensaio. Rio de Janeiro, 2013.
4. ASSOCIAÇÃO TÉCNICA BRASILEIRA DAS INDUSTRIAS AUTOMÁTICAS DE VIDRO. Reciclagem de Vidro. Disponível em: <<http://www.abividro.org.br/Reciclagem-abividro>>. Acesso em 20 set. 2018, 14:33.

5. BRASIL. Lei nº 12.305, de 2 de Agosto de 2010. Política Nacional de Resíduos Sólidos. Brasília, DF, 2 ago. 2010. Disponível em: <<http://www.justicaeleitoral.jus.br/arquivos/lei-12-305-2010-pnrs/view>>. Acesso em: 20 Set. 2018 16:46.
6. CEMPRE. (Compromisso empresarial para reciclagem). Vidros - O Mercado para Reciclagem. Disponível em: <[http://www.cempre.org.br/ft\\_vidros.php](http://www.cempre.org.br/ft_vidros.php)>. Acesso em: 9 out 2018. 11:27.
7. DIAS, Guilherme G; CRUZ, Thiago M. de Sá. Plano de Gerenciamento Integrado de Resíduos Vítreos, (PGIRV). Belo Horizonte, nov. 2009. Disponível em: <[http://www.feam.br/images/stories/minas\\_sem\\_lixoes/2010/vidros.pdf](http://www.feam.br/images/stories/minas_sem_lixoes/2010/vidros.pdf)>. Acesso em: 10 out. 2018,
8. LINO, Hélio F.C. A indústria de reciclagem e a questão ambiental. 2011. 291 f. Tese (Doutorado em História Econômica) - Programa de Pós Graduação em História
9. do Departamento da Faculdade Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2011. Disponível em: <[http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/8/8137/tde27102011085538/publico/2011\\_lino\\_FranciscoCorreaLino.%20pdf](http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/8/8137/tde27102011085538/publico/2011_lino_FranciscoCorreaLino.%20pdf)>. Acesso em: 20 out. 2018, 20:30
10. CEMPRE. Vidros – O mercado para reciclagem. Compromisso Empresarial para Reciclagem. Disponível em <[http://www.cempre.org.br/ft\\_vidros.php](http://www.cempre.org.br/ft_vidros.php)>. Acesso em: 23 Out. de 2018
11. SANTOS, W.J. – Caracterização de vidros planos transparentes comerciais. Scientia Plena 5, N°2, pp. 1-4, 2008.
12. Á. C. P. Galvão, A. C. M. Farias e L. G. M. Souza – viabilização de rejeito de vidro para a produção de tijolos cerâmicos HOLOS, Ano 29, Vol. 4 Acesso em: 10 dez, 2018 19:25